

Institut für Parasitologie
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Direktor: Prof. Dr. Peter Deplazes

Arbeit unter Leitung von Dr. Thomas Romig, Institut für Zoologie, Fachgebiet: Parasitologie
der Universität Hohenheim

Landnutzung in Baden-Württemberg als Einflussfaktor auf die *Echinococcus multilocularis*-Prävalenz bei Rotfüchsen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

Anne-Katrin Weible, geb. Ischebeck

Tierärztin
von Wuppertal, Deutschland

genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. Peter Deplazes, Referent

Prof. Dr. Bruno Gottstein, Korreferent

Zürich 2005

Danksagung

Herzlich danken möchte ich allen, die zur Entstehung und zum Gelingen meiner Dissertation beigetragen haben :

Herrn Prof. Dr. Peter Deplazes, Direktor des Institutes für Parasitologie der Universität Zürich, für die Überlassung des Themas, die anregenden Diskussionen und sein stetes Interesse am Fortgang der Arbeit; **Herrn Dr. Daniel Hegglin** für die Hilfe bei der statistischen Auswertung und die wertvollen Anregungen; **Herrn Dr. Paul Torgerson** für die rechnerische Unterstützung; **allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Institutes für Parasitologie** für die konstruktive Kritik an meinem Vortrag;

Frau Prof. Dr. Ute Mackenstedt, Direktorin des Fachgebietes Parasitologie am Institut für Zoologie der Universität Hohenheim in Stuttgart für ihre persönliche Unterstützung;

Herrn Dr. Thomas Romig, dem fachlichen Leiter dieser extern durchgeführten Arbeit, für die geduldige Betreuung und sein persönliches Engagement, für die Vermittlung von Denkanstößen, die hilfreiche Korrektur und die hervorragende Zusammenarbeit; **Frau Dorothea Thoma** für ihre Hilfe bei der Literatursuche und bei der Kartierung sowie bei der arbeitsintensiven, spannenden Auswertung der Kartierungsdaten; **Herrn Dr. Michael Merli** für spezielle Informationen zu Feldmäusen; **allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung Parasitologie**, die zu einem guten Arbeitsklima beigetragen haben;

Herrn Prof. Dr. Bruno Gottstein, Direktor des Institutes für Parasitologie der Universität Bern, für sein Gutachten zu meiner Dissertation;

Herrn David Pleydell vom Telford Institute Of Environmental Sciences der Universität Salford in Großbritannien für die Gastfreundschaft, die intensive, geduldige Einführung in das Programm ARC VIEW und die Hilfe bei der statistischen Auswertung;

Herrn Prof. Dr. Patrick Giraudoux und **Herrn Dr. François Tourneux** UsC INRA, THEMA, Université de Franche-Comté in Besançon in Frankreich für ihre Hilfe bei der Arbeit mit dem Programm ARC VIEW und das Erstellen einer Zufallsverteilung der Baden-Württembergischen Daten;

Frau Dr. Christiane Renner vom Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg für die Überlassung der Daten; **Herrn Markus Reule** vom Chemischen- und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg, für die Erstellung der Datentabelle und die Unterstützung bei der Arbeit mit dem Programm MICROSOFT EXCEL;

Herrn Dr. Wolfgang Unglaub, Frau Dr. Stefanie Bornstein, Frau Dr. Birgit Blazey und Herrn Dr. Konrad Sauter für die tatkräftige Unterstützung bei der Zusammenstellung der Daten; **den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Untersuchungsämter** in Baden-Württemberg für die Durchführung der Sektionen und ELISA-Koproantigen-Tests;

Herrn Dr. Manfred Pegel und Herrn Andreas Elliger von der Wildforschungsstelle Aulendorf für die Überlassung der Jagdstreckendaten auf Gemeindeebene;

Herrn Dr. Karl Schwab, dem Leiter des Amts für Veterinärwesen und Verbraucherschutz des Landratsamts Tuttlingen, und **allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Amts**, für die Flexibilität, wertvolle Anregungen und für die organisatorische und moralische Unterstützung;

meiner Mutter, Irmgard Ischebeck, für die hilfreichen Korrekturen und die engagierte, aktive Unterstützung; **meinem Mann, Dieter Weible**, für seinen Rückhalt und das ausdauernde Warten; **meiner ganzen Familie** für die Geduld, die sie mir vor allem in der letzten Phase der Promotion entgegenbrachte, und **meinen Freundinnen und Freunden**, die mir mit Anregungen und Aufmunterung zur Seite gestanden haben.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung und summary

Glossar

1.	<u>Einleitung</u>	6
1.1.	Infektion des Menschen und Lebenszyklus von <i>E. multilocularis</i>	6
1.2.	<i>E. multilocularis</i> in Baden-Württemberg	8
1.3.	Kontrollmöglichkeiten im Endwirt	11
1.4.	Verbreitung in Zusammenhang mit der Landnutzung	12
1.5.	Ziel der Arbeit	13
2.	<u>Material und Methoden</u>	14
2.1.	Studiengebiet und Datenerhebung	14
2.1.1.	Gebiet	14
2.1.2.	Prävalenzstudie 1995 - 2000	14
2.1.3.	Prävalenzstudie 2002 / 2003	15
2.2.	Untersuchungsmethoden für <i>E. multilocularis</i>	15
2.2.1.	Darmabstrichmethode	15
2.2.2.	Koproantigen-ELISA	17
2.3.	Landnutzungsdaten: CORINE-Karte	20
2.3.1.	Entstehung der CORINE-Karte	20
2.3.2.	CORINE-Klassen in Baden-Württemberg	23
2.3.3.	Validierung durch eigene Kartierung	26
2.3.4.	Erstellung von Indexkarten	29

2.4. Prävalenzauswertung	36
2.4.1. <i>E. multilocularis</i> -Prävalenz	36
2.4.2. Landnutzung und <i>E. multilocularis</i> -Prävalenz	37
3. <u>Ergebnisse</u>	43
3.1. Die Prävalenz von <i>E. multilocularis</i>	43
3.2. Validierung der CORINE-Karte durch Kartierung	51
3.3. Bedeutung der Eignung als Nagerhabitat	55
3.4. Landnutzung und <i>E. multilocularis</i> -Prävalenz	60
4. <u>Diskussion</u>	75
4.1. Voraussetzungen der Studien	75
4.2. Untersuchungsmethoden	78
4.3. Prävalenz und Wurmbürde	82
4.4. Einflussfaktoren Jahreszeit und Fuchsalter	84
4.5. Prävalenzverteilung in Baden-Württemberg	87
4.6. CORINE-Karte als Datengrundlage für die Landnutzung	89
4.7. Einfluss der Landnutzung auf die <i>E. multilocularis</i> -Prävalenz	93
4.7.1. Bedeutung von Stadt, Wald, Acker und Gras	95
4.7.2. Das Allgäu – ein großflächiges Grasgebiet	99
4.7.3. Bewirtschaftung, Nutzungsintensität und Struktur von Grasflächen	101
4.7.4. Erklärungsmodell für die Bedeutung der Landnutzung	103
5. <u>Schlussfolgerung und Ausblick</u>	108
6. Literaturverzeichnis	113
7. Anhang mit Abbildungen	122

Zusammenfassung

Der Einfluss von Landschaftsfaktoren auf die Prävalenz von *Echinococcus multilocularis* bei Rotfüchsen (*Vulpes vulpes*) wurde am Beispiel Baden-Württembergs (35 900 km²) geprüft. Die Untersuchung von 7218 Füchsen mit der Darmabstrichmethode ergab 1995 - 2000 eine Prävalenz von 37%. Ein landesweites Monitoring-Programm des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum mit einem kommerziellen Koproantigen-ELISA (Chekit Echinotest, Dr. Bommeli-AG) 2002 - 2003 zeigte bei 5794 Füchsen eine korrigierte Prävalenz von 48%. Zwar sind die Prävalenzen der beiden Zeiträume aufgrund der unterschiedlichen Nachweismethoden nicht direkt vergleichbar, jedoch war eine räumliche Verlagerung der Hochendemiegebiete von Süden nach Norden feststellbar. Der Vergleich mit der Landnutzung basierte auf den Daten einer europäischen CORINE-Landnutzungskarte, deren Eignung für großräumige Analysen durch die Kartierung einer Gemeinde (4600 ha) validiert wurde. Für die Studie 1995 - 2000 ergaben sich signifikante Prävalenzunterschiede zwischen Gras- (50%), Acker- (43%), Wald- (31%) und Stadtgebieten (24%), was sich in der Studie 2002 - 2003 bestätigte. Unterschiede in der Habitateignung für Zwischenwirte werden als Gründe für diese Korrelation diskutiert. Um räumliche und zeitliche, landschaftsunabhängige Fluktuationen der Prävalenz erkennen zu können, sollten Sentinel-Gebiete mit unterschiedlichen Landnutzungsarten langfristig beobachtet werden.

summary

The influence of the land use on the prevalence of *Echinococcus multilocularis* in red foxes (*Vulpes vulpes*) was studied using the German federal state of Baden-Württemberg (35 900 km²) as example. The examination of 7218 foxes 1995 – 2000 with the intestinal scraping method (IST) resulted in a prevalence of 37%. A state wide monitoring program by the Ministry for Agriculture with a commercial coproantigen-ELISA (Chekit Echinotest, Dr. Bommeli-AG) 2002 / 2003 revealed a corrected prevalence of 48%, based on 5794 foxes. Because of the different diagnostic methods a direct comparison of the prevalence levels is not possible, but a shift of high endemicity areas from south to north was recognised. The comparison with landscape data was based on the European CORINE land cover data, that was validated by a field survey of one commune (4600 ha) for analyses on a regional scale. Using data from the survey 1995 – 2000, significant differences in prevalences were revealed between foxes in grassland (50%), agriculture (43%), forest (31%) and urban zones (24%), which was confirmed with data from the study 2002 / 2003. Differences in the frequency of habitats suitable for intermediate hosts are discussed as reasons for this correlation. To recognise space, time and landscape independent fluctuations of the prevalence, sentinel areas with different landscape composition should be selected for long term monitoring.

Glossar

Alveoläre Echinokokkose	Infektion, die durch die Larve des kleinen Fuchsbandwurmes verursacht wird
anthropogen	durch menschliche Einwirkungen beeinflusst
<i>Arvicola terrestris</i>	Schermaus, Zwischenwirt des kleinen Fuchsbandwurms
Autolyse	Selbstauflösung
Benzimidazolderivate	Wirkstoffe zur Behandlung der Fuchsbandwurmerkrankung des Menschen
Biomasse	Gesamtmenge von lebenden Organismen in einer bestimmten Einheit
CCL	Landnutzungsklasse auf der CORINE-Karte
Cestoden	Bandwürmer, Klasse parasitischer Würmer
CORINE	„Co-Ordination of Information on the Environment“
CORINE-Karte	Landnutzungskarte für Europa, die von der europäischen Umweltbehörde zwischen 1986 und 1996 erstellt wurde (Rasterdaten mit einer Pixelgröße von 250 x 250 m).
<i>Echinococcus granulosus</i>	dreigliedriger Hundebandwurm
<i>Echinococcus multilocularis</i>	kleiner Fuchsbandwurm
Endemie	ständiges Vorkommen einer Infektion in einem räumlich begrenzten Gebiet
Endproglottis	letztes Glied eines Bandwurmes
Evaluierung eines Tests	Bewertung durch den Vergleich mit einem standardisierten Test
Focus, (pl. Foci)	Brennpunkt (e)
Habitat	Lebensraum
Habitateignung	Qualität eines Lebensraum
Hauptnutzungsart	vorwiegende Landnutzung in einer Gemeinde, zum Beispiel Stadt, Wald, Acker oder Gras
Helminthen	Sammelbezeichnung für parasitische Würmer

heterogen	uneinheitlich
homogen	einheitlich
Infektion	Eindringen und Vermehren von Krankheitserregern im Körper eines Wirts
Infektionsintensität	Größe und Bedeutung einer Infektionskrankheit
Kontamination	Verunreinigung
Koproantigen-ELISA-Test	immundiagnostisches Verfahren für den Nachweis von Parasitenantigenen im Kot
Korrelation	Wechselbeziehung
<i>Mesocestoides</i>	Familie der Bandwürmer
Metacestoden	Zweites Larvenstadium verschiedener Bandwürmer, das sich im Zwischenwirt ausbildet.
<i>Microtus arvalis</i>	Feldmaus, Zwischenwirt des kleinen Fuchsbandwurms
Monitoring	Überwachung
Morphologie	Lehre der äußeren Gestalt
OD- Wert	Wert der optischen Dichte
<i>Ondatra zibethicus</i>	Bisamratte, Zwischenwirt des kleinen Fuchsbandwurms
Parasitose	Erkrankung mit Parasiten
polymerase chain reaction	molekular-genetisches Verfahren bei dem selektiv bestimmte DNA-Abschnitte vervielfältigt werden, um zum Beispiel genetisches Material des Fuchsbandwurms nachzuweisen
Periodenprävalenz	Vorkommenshäufigkeit in einem bestimmten Zeitraum
Populationsdichte	Die Zahl der Individuen bezogen auf die Fläche
post infectionem (p.i.)	nach einer Infektion
Präpatenzzeit	Zeitspanne zwischen der Infektion des Endwirts mit einem Parasiten und der sexuellen Reproduktion von Nachkommen (bei Bandwürmern bis zur Ausscheidung von infektiösen Wurmeiern)

Prävalenz	Vorkommenshäufigkeit, Häufigkeit des Auftretens einer Krankheit in einer Population
Praziquantel	Entwurmungsmittel, wirksam gegen viele Bandwürmer
Protoscoleces	Kopfanlagen, die sich in Metacestoden des Zwischenwirts ausbilden und sich im Endwirt zu erwachsenen Bandwürmern entwickeln können.
Referenzmethode	Standardmethode herangezogen zum Vergleich mehrerer Methoden
ROMPA-Hypothese	Erklärungshypothese für den Zusammenhang zwischen Lebensraum und Populationsentwicklung von Mäusen (genaue Definition: S.104)
sedimentieren und dekantieren	Absetzen lassen und Abgießen von Flüssigkeit, um Würmer aus gelöstem Darminhalt zu gewinnen.
Sensitivität	Maß für das Vermögen einer Untersuchung tatsächlich Kranke korrekt zu identifizieren.
Sentinel-Gebiete	Testgebiete
Signifikanter Unterschied	statistisch gesicherter Unterschied
Spezifität	Maß für das Vermögen einer Untersuchung Gesunde korrekt zu erkennen.
Superinfektion	Reinfektion bei einem Wirt, der bereits mit dem Erreger befallen ist
<i>Taenia</i>	Familie der Bandwürmer
Validierung	Überprüfung der Gültigkeit eines Verfahrens auf seine diagnostischen Parameter wie Sensitivität oder Spezifität
<i>Vulpes vulpes</i>	Rotfuchs, Endwirt des kleinen Fuchsbandwurms
Wurmbürde	Anzahl der Würmer pro Tier (bzw. im Abstrichmaterial eines Tiers)
Zoonose	Tierkrankheit, auf den Menschen übertragbar

1. Einleitung

1.1 Infektion des Menschen und Lebenszyklus von *Echinococcus multilocularis*

Die Infektion mit dem kleinen Fuchsbandwurm (Alveoläre Echinococcose) ist in Europa eine der wichtigsten Parasitosen des Menschen. Sie tritt zwar relativ selten auf, verläuft aber, wenn sie nicht behandelt wird, meist tödlich (Pawlowski et al., 2001).

Für Zentraleuropa und Japan wird die Zahl der Neuerkrankungen im Jahr auf 0,02 bis 1,4 pro 100 000 Menschen geschätzt (Eckert und Deplazes, 1999). Auf der Schwäbischen Alb sind es sogar 40 Neuerkrankungen pro 100 000 Menschen im Jahr (Romig et al., 1999 c). Seit im Jahr 2001 die Meldepflicht für die Alveoläre Echinococcose eingeführt wurde, gab es in Baden-Württemberg 2 bis 6 gemeldete Neuerkrankungen im Jahr (LGA und Universität Hohenheim, 2004).

Der wichtigste Endwirt des kleinen Fuchsbandwurms (*Echinococcus multilocularis*) in Europa ist der Rotfuchs (*Vulpes vulpes*). In seinem Dünndarm entwickelt sich der erwachsene Bandwurm, in dessen Gliedern Eier heranreifen. Die Echinococcus-Eier sind mikroskopisch klein und werden mit der Losung des Fuchses ausgeschieden. Die Nutzung und damit die Beschaffenheit der Landschaft, in der die Eier abgesetzt werden, hat einen starken Einfluss auf deren Überlebensfähigkeit (Viel et al., 1999). Das Kotabsetzen ist ein wichtiger Bestandteil des Revierverhaltens. Füchse bevorzugen dazu exponierte Stellen. Es wurde beobachtet, dass Füchse den Kot direkt auf dem Tunnelsystem der Schermaus absetzten (Eckert et al., 2001 b, Labhardt, 1990). Damit der Wildtier-Lebenszyklus des Parasiten (Abb. 1) ablaufen kann, müssen die im Fuchskot enthaltenen Bandwurmeier von einem Zwischenwirt aufgenommen werden.

In Europa haben die Feldmaus (*Microtus arvalis*), die Schermaus (*Arvicola terrestris*) und die Bisamratte (*Ondatra zibethicus*) als Zwischenwirte die größte Bedeutung. Nachdem die Nager die Echinococcus-Eier aufgenommen haben,

kann sich in ihrer Leber die Larve des Bandwurms entwickeln. Sie wächst tumorartig und verdrängt das Lebergewebe. Der Zyklus schließt sich, sobald ein Fuchs eine infizierte Maus frisst. In seinem Dünndarm kann sich ein neuer erwachsener Bandwurm entwickeln.

Neben den normalerweise in den Parasitenzyklus eingebundenen Wirten gibt es Fehlwirte, zu denen der Mensch gehört. Für den Parasiten stellen diese Wirte Sackgassen dar (Romig, 2003).

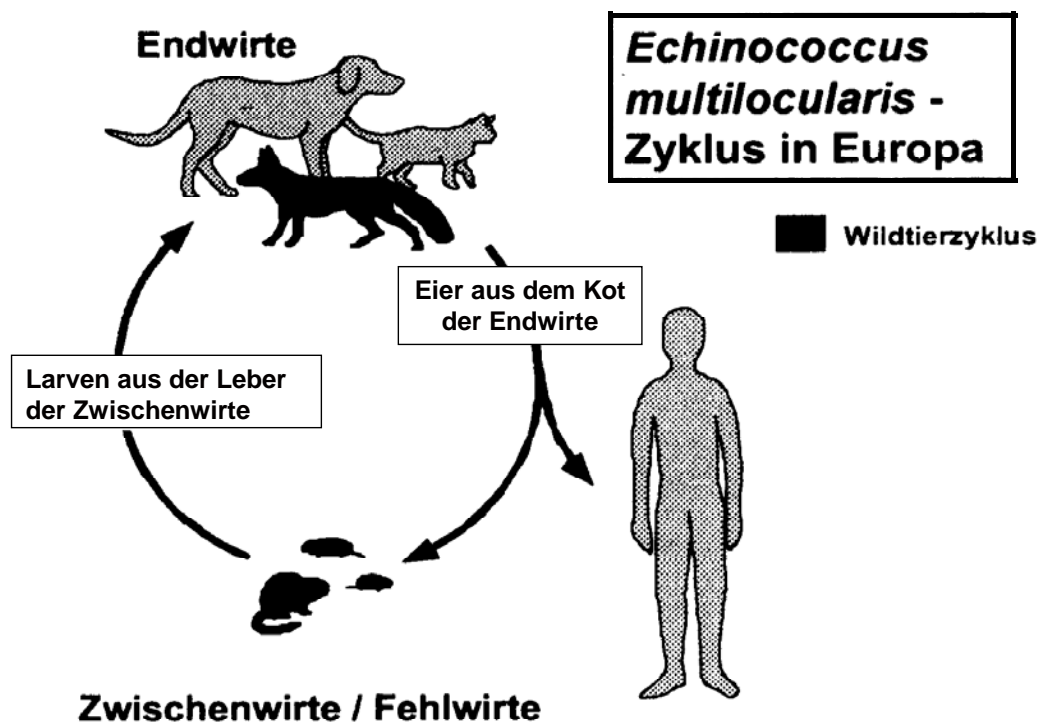


Abb.1: Lebenszyklus von *E. multilocularis* (mit freundlicher Genehmigung von Dr. Thomas Romig, Universität Hohenheim): Die Endwirte scheiden die Eier des Fuchsbandwurms mit dem Kot aus. Durch die Aufnahme dieser Eier stecken sich die Zwischenwirte (Feldmaus, Schermaus oder Bisamratte) an. In der Leber der Nager vermehrt sich das Larvengewebe des Fuchsbandwurms. Wenn die erkrankten Zwischenwirte gefressen werden, kann sich im Darm des Endwirts ein neuer Bandwurm entwickeln. Der Mensch ist ein Fehlwirt des Fuchsbandwurms.

Beim Menschen entwickelt sich die Bandwurmlarve wie bei den Nagetieren in der Leber. Lediglich im Anfangsstadium der Erkrankung ist noch eine chirurgische Entfernung des Parasitengewebes möglich. Später kann das Wachstum des Larvengewebes nur durch eine hochdosierte lebenslange Therapie mit Benzimidazolderivaten (Albendazol oder Mebendazol) gehemmt werden. Durch diese Wirkstoffe kommt es jedoch nicht zu einer zuverlässigen Abtötung des Parasiten (Pawlowski et al., 2001).

1.2 *E. multilocularis* in Baden-Württemberg

Es gibt wenige Regionen, in denen Langzeitstudien direkte Vergleiche zwischen verschiedenen Zeiträumen erlauben. Eine dieser Regionen ist Baden-Württemberg, das im Vergleich zu anderen europäischen Regionen ein besonders gut untersuchtes Gebiet ist (Romig, 2003).

Zunächst fand der Fuchsbandwurm bei den Humanmedizinerinnen Beachtung. Die Fälle der Alveolären Echinococcosis wurden kartiert (Posselt, 1928). Durch Infektionsversuche und Untersuchungen von Füchsen und Nagern auf der Schwäbischen Alb konnte der Lebenszyklus von *E. multilocularis* aufgeklärt werden. Weiterhin gelang der Nachweis, dass es sich bei *E. multilocularis* und *E. granulosus* um zwei eigenständige Arten handelte (Vogel, 1955). Damit begann ein neuer Abschnitt der Fuchsbandwurmforschung.

Müller und Partridge waren 1974 die ersten, die epidemiologische Untersuchungen der Endwirte in Baden-Württemberg durchführten. Am Staatlichen Tierärztlichen Untersuchungsamt Aulendorf wurden 1973 und 1974 von ihnen 484 Füchse untersucht. Dazu wurde der gesamte aufgeschnittene Darm zunächst mit Lupe und Taschenlampe makroskopisch nach den weißen, nur wenige Millimeter großen Echinokokken abgesucht. Bei negativem Befund wurden zusätzlich 15 mit Deckgläsern genommene Schleimhautabstriche mikroskopisch überprüft. Insgesamt wurde eine Prävalenz (Vorkommenshäufigkeit) des Fuchsbandwurms von 12,4% im Südwesten Baden-Württembergs gefunden. Dass die Verbreitung von *E. multilocularis* nicht nur

auf die Schwäbische Alb beschränkt war, bewies der Nachweis von Prävalenzen über 15% in den Landkreisen Rottweil und Freudenstadt.

Eine großflächig angelegte Untersuchung von 8425 Füchsen aus ganz Baden-Württemberg wurde von 1974 bis 1984 an den Untersuchungsämtern in Aulendorf und Stuttgart durchgeführt (Zeyhle et al., 1990). Die von Müller und Partridge (1974) beschriebene Untersuchungsmethode wurde beibehalten. Durch fortgeschrittene Autolyse der angelieferten Därme und abgebalgten Tierkörper waren falsch negative Ergebnisse nicht auszuschließen. Für den Regierungsbezirk Tübingen ergab sich eine *E. multilocularis*-Prävalenz von 18,3% (4560 / 833). Wesentlich niedriger war die Vorkommenshäufigkeit im Regierungsbezirk Karlsruhe mit 6,7% (431 / 29). Die *E. multilocularis*-Prävalenzen im Regierungsbezirk Freiburg mit 10,4% (1063 / 110) und Stuttgart mit 10,7% (1431 / 153) lagen im mittleren Bereich. Die Kreise mit einer Prävalenz von mehr als 20% zogen sich wie ein Band entlang der Schwäbischen Alb.

Bei der Untersuchung von 185 Füchsen am staatlichen tierärztlichen Untersuchungsamt Aulendorf 1987 und 1988 wurde die Zahl der untersuchten tiefen Schleimhautabstriche pro Fuchs auf 21 erhöht, ansonsten blieb die Untersuchungsmethode unverändert (Schott und Müller, 1989). Im Regierungsbezirk Tübingen wurde mit 55,6% eine signifikant höhere *E. multilocularis*-Prävalenz als bei den bisherigen Untersuchungen festgestellt.

Im Winter 1988 / 1989 wurden am tierhygienischen Institut in Freiburg 492 meist per Post angelieferte Füchse untersucht (Ewald, 1990). Die makroskopische Untersuchung der Därme wurde durch ein Bewegen der Darmzotten und ein Abspülen der verdächtigen Bereiche mit Kochsalzlösung optimiert. In drei Regionen Baden-Württembergs wurden sehr unterschiedliche *E. multilocularis*-Prävalenzen festgestellt. In der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg (Landkreise: TUT, RV, VS) waren 45,7% (35 / 16) der Füchse infiziert. In der Hochrheinregion (LÖ, WT, KN) waren es 23,4% (47 / 11). Dagegen lag die Vorkommenshäufigkeit am südlichen Oberrhein (OG, EM, FR) nur bei 11,6%. Eine Ursache sieht Ewald darin, dass die Oberrheinregion ein beliebtes Niederwild-Jagdrevier ist, in dem der Fuchs als „Konkurrent“ stark bejagt wird.

Von 1986 bis 1990 wurden 593 Füchse aus Nordost-Baden-Württemberg am Institut für Zoologie der Universität Hohenheim makroskopisch und mikroskopisch mit Deckglasabstrichen untersucht (Schelling et al., 1991). Im Vergleich zu der Untersuchung von 1974 bis 1984 (Zeyhle et al., 1990) hatte sich die *E. multilocularis*-Befallsrate deutlich erhöht. Zum Beispiel war sie im Ostalbkreis von 12% auf 22% gestiegen. Dass die Befallsraten keine konstanten Größen sind, sondern einer zeitlichen und räumlichen Dynamik unterliegen, konnte mit den Daten aus mehreren Landkreisen nachgewiesen werden (Schelling et al., 1991).

Bei der Untersuchung von 801 Füchsen aus dem Regierungsbezirk Karlsruhe von 1989 bis 1990 wurde eine vergleichsweise niedrige *E. multilocularis*-Prävalenz von 11,6% (801 / 93) gefunden (Wessbecher et al., 1994). Die von Schott und Müller (1989) begründete Untersuchungsmethode wurde am Untersuchungsamt in Heidelberg modifiziert. Die Zahl der Deckglasabstriche wurde auf 36 erhöht. Außerdem wurden die Darmstücke in Kochsalzlösung geschwenkt, um die Echinokokken abzuwaschen. Anschließend wurde die Darmschleimhaut in die Lösung geschabt. Durch Sedimentieren und Dekantieren wurden die Würmer aus der Kochsalzlösung ausgewaschen. Die Prävalenz im Rhein-Neckar-Kreis (einschließlich der Stadtkreise Mannheim und Heidelberg) war mit 9% (n = 417) wesentlich niedriger als die fast zeitgleich von Ewald (1990) gefundene *E. multilocularis*-Prävalenz in der Schwarzwald-Baar-Heubergregion von 45,7% (n = 35).

Für den Regierungsbezirk Tübingen konnte eine *E. multilocularis*-Prävalenz von 44,8% (679 / 304) durch die Untersuchung von 679 Füchsen in den Jahren 1993 und 1994 ermittelt werden (Bilger et al., 1995). Die Füchse wurden am Untersuchungsamt Aulendorf angeliefert. Dort wurden die Därme entnommen, bei 4°C aufbewahrt und dann zur weiteren Untersuchung an die Universität Hohenheim gebracht. Hier wurden die Dünndärme makroskopisch und mit Hilfe von tiefen Deckglasabstrichen mikroskopisch untersucht. Parallel zum Anstieg der Fuchspopulation verlief die Zunahme der Vorkommenshäufigkeit von *E. multilocularis* von 12,4% (Müller und Partridge, 1974) im Regierungsbezirk Tübingen auf die gefundenen 44,8%. Die Fuchspopulation war mit Hilfe der Jagdstrecke geschätzt worden.

Am Untersuchungsamt Heidelberg wurden 1993 bis 1994 aus dem Regierungsbezirk Karlsruhe 975 Füchse untersucht (Janka und Stoye, 1998). Es wurde die Untersuchungsmethode von Schott und Müller (1989) in der von Wessbecher (et al., 1994) modifizierten Form angewendet. Dabei ergab sich ein Anstieg der *E. multilocularis*-Prävalenz von 11,6% in den Jahren 1989 und 1990 (Wessbecher et al., 1994) auf 18,4% (975 / 179).

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Studien, die zwischen 1974 und 1994 gemacht wurden, einen starken Anstieg der *E. multilocularis*-Prävalenz zeigen. Die Zunahme der Befallsrate während des vergangenen Jahrzehnts für Südwestdeutschland wird von verschiedenen Autoren dokumentiert (Romig, 1996, Janka und Stoye, 1998, Bilger et al., 1998). Es gibt in Zentraleuropa einen offensichtlichen, zeitlichen Zusammenhang zwischen dem Beginn der Tollwut-Impfkampagnen und dem Beginn des Ansteigens der Fuchspopulation. Obwohl die Tollwut in manchen Gebieten noch nicht erloschen ist, spielt sie heute als Sterblichkeitsfaktor für Füchse in Baden-Württemberg keine Rolle mehr (Romig for EurEchinoReg, 2002). In den letzten 15 Jahren konnte ein Anstieg der *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen um das 3- bis 4-fache beobachtet werden. Dieser Anstieg war mit einem zeitlich parallelen Anstieg der Fuchspopulation, die anhand der Jagdstrecke geschätzt wurde, um das 3-fache korreliert (Romig for EurEchinoReg, 2002).

1.3 Kontrollmöglichkeiten im Endwirt

Durch eine Senkung der *E. multilocularis*-Prävalenz im Endwirt Fuchs kann die Kontamination der Umwelt mit Eiern und damit das Infektionsrisiko für den Menschen vermindert werden. In Baden-Württemberg, Brandenburg und Zürich gab es schon Bekämpfungsprojekte (Tackmann et al., 2001 a, Hegglin et al., 2003 a, Romig und Mackenstedt, 2001). Dabei wurden Fraßköder, die als Wirkstoff Praziquantel enthielten, in regelmäßigen Abständen ausgelegt, um die erwachsenen Bandwürmer in den Füchsen abzutöten.

In Deutschland fand die erste Beköderung 1989 statt (Schelling et al., 1997). Ein Pilotprojekt für die großflächige Bekämpfung wurde von 1995 bis 1998 auf

der Schwäbischen Alb durchgeführt (Romig und Mackenstedt, 2001). Seit 2001 läuft in zwei Gebieten Baden-Württembergs in Regie des Landes ein weiteres großflächiges Beköderungprojekt.

1.4 Verbreitung in Zusammenhang mit der Landnutzung

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass das Verbreitungsgebiet von *E. multilocularis* in Europa größer ist, als bisher angenommen wurde (Eckert und Deplazes, 2004, Romig für EurEchinoReg, 2002). Besonders intensiv scheint die Übertragung von *E. multilocularis* in der nördlichen Voralpenregion und dem Juragebirge (DE, CH, FR) zu sein, so wie in der Bergregion, die sich von Südbelgien nach Deutschland erstreckt (Romig für EurEchinoReg, 2002). Bei Studien in Ostfrankreich konnte eine Korrelation zwischen dem Anteil von permanentem Grasland und dem Vorkommen von *E. multilocularis* in einem Gebiet festgestellt werden (Viel et al., 1999).

In Bergregionen wird aus klimatischen Gründen keine intensive Landwirtschaft betrieben. Auf den dort typischen Weiden und Mähwiesen mit einem kurzen Grasbewuchs kann es zu großen Populationsdichten der wichtigsten Zwischenwirtarten (*Microtus arvalis* und *Arvicola terrestris*) kommen. Die extensive Landwirtschaft (z.B. in Baden-Württemberg und Thüringen) korreliert auf kleiner und mittlerer Ebene mit der Übertragungsintensität von *E. multilocularis* (Romig für EurEchinoReg, 2002, Worbes und Hoffmann, 1996, Romig et al., unveröffentlicht, Bilger et al., 1998). Von verschiedenen Autoren wurde ein Zusammenhang zwischen der Landnutzung und der Intensität der Übertragung von *E. multilocularis* berichtet (Giraudoux et al., 2003, Staubach et al., 2001, Viel et al., 1999, Tackmann et al., 1998). Als Datengrundlage für die Ermittlung der Landnutzungsarten in einem Gebiet wurden von Staubach (et al., 2001) die Daten der europäischen CORINE-Landnutzungskarte herangezogen. Eine Validierung der Daten in dem Untersuchungsgebiet in Brandenburg wurde nicht publiziert.

Die Übertragungsdynamik von *E. multilocularis* beruht auf der Räuber-Beute-Beziehung zwischen Fleischfressern und Kleinsäugetern. Sie ist von zahlreichen

Einflussfaktoren abhängig (Eckert und Deplazes, 2004). Einer dieser Faktoren ist die Landnutzung in einem Gebiet. Sie kann gute oder schlechte Voraussetzungen als Lebensraum für Füchse und Nager bieten. Außerdem beeinflusst sie die Überlebensdauer der Bandwurmeier (Veit et al., 1995). Zuletzt bietet sie unterschiedlich gute Voraussetzungen für den Kontakt des Menschen zu Bandwurmeiern. Das Infektionsrisiko ist zum Beispiel in den Naherholungsgebieten am Stadtrand höher als in der Stadtmitte (Deplazes et al., 2004). Auch Hunde und Katzen können Endwirte des Fuchsbandwurms sein. Die Präsenz von infizierten Haustieren kann das Risiko einer Infektion mit *E. multilocularis* für den Menschen erhöhen (Gottstein et al., 2001).

1.5 Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit war es, Korrelationen zu finden zwischen dem räumlichen Verteilungsmuster der *E. multilocularis*-Prävalenz in Baden-Württemberg und Landschaftsparametern, wie sie auf der CORINE Landnutzungskarte dokumentiert sind. Es sollte überprüft werden, ob diese Daten eine brauchbare Grundlage darstellen, um Zusammenhänge zwischen Landnutzung und *Echinococcus*-Übertragung zu erkennen. Ein solcher Zusammenhang würde es ermöglichen, zum einen grundlegende Erkenntnisse zu den ökologischen Voraussetzungen für die Etablierung des Parasitenzyklus zu gewinnen. Zum anderen würde ein belegter Zusammenhang zwischen *E. multilocularis*-Prävalenz und Landschaftsparametern eine rationale Grundlage für künftige Programme zur Intervention beziehungsweise zum Monitoring dieser Zoonose schaffen.

2. Material und Methoden

2.1. Studiengebiet und Datenerhebung

2.1.1. Gebiet

Im Bundesland Baden-Württemberg (Deutschland) wurden erlegte Rotfüchse in zwei Studien (1995 bis 2000 und 2002 / 2003) auf den Befall mit dem kleinen Fuchsbandwurm (*Echinococcus multilocularis*) untersucht. Das Untersuchungsgebiet Baden-Württemberg ist sowohl mit seiner Fläche von 35 752 km² als auch mit seiner Einwohnerzahl von 10,7 Millionen (Stand 2004, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg) das drittgrößte der 16 deutschen Bundesländer. Der niedrigste Punkt des Landes ist der Rheinpegel bei Mannheim mit 85 m über NN, die höchste Erhebung ist der Feldberg im Südschwarzwald mit 1493 m über NN. Baden-Württemberg ist geprägt durch eine naturräumliche Vielfalt. Beispiele dafür sind das zusammenhängende Waldgebiet im Schwarzwald, das kleinräumige Nebeneinander von Wiesen, Äckern und Wald auf der Hochfläche der Schwäbischen Alb und im Gegensatz dazu die großen Wiesenflächen im Allgäu.

Durch administrative Grenzen ist Baden-Württemberg in 44 Landkreise und 1111 Gemeinden unterteilt. Diese Grenzen wurden als Probenraster benutzt und mit Hilfe von Daten zu administrativen Grenzen aus TSN (Tierseuchennachrichtensystem, Version 2.3) beziehungsweise aus SABE (seamless administrative boundaries of europe: version 2.1. 1997, eurogeographics) dargestellt.

2.1.2. Prävalenzstudie 1995 - 2000

Vom 08.01.1995 bis zum 31.12.2000 wurden 7218 Füchse erlegt und am Institut für Zoologie der Universität Hohenheim mit der Darmabstrichmethode untersucht. Wie auch bei der nachfolgenden Studie wurden die erlegten oder verunfallten Füchse von Jägern in Kunststoffsäcken zusammen mit einem Probenbegleitschein (Angabe von Erlegedatum, Erlegegemeinde und Anschrift des Jägers) zu regionalen Sammelstellen gebracht. Dort waren Tiefkühltruhen aufgestellt, in denen die Füchse bei -20°C tiefgefroren werden konnten. Von den Untersuchungsämtern wurden die Füchse in regelmäßigen Abständen abgeholt. Nach der Untersuchung auf Tollwut wurden die Kadaver oder die entnommenen

Därme zur Universität Hohenheim verbracht, um dort auf *E. multilocularis*-Befall untersucht zu werden. Wenn möglich wurde eine Altersbestimmung der Füchse aufgrund der Beschaffenheit ihrer Zähne in den Monaten Mai bis September durchgeführt (Giraudoux et al., 2001).

Mit Beginn des Tollwutüberwachungsprogramms im Februar 1996 wurde die bis dahin ausgezahlte Abschussprämie von 15 DM, welche die Jäger landesweit für jeden Fuchs erhalten hatten, durch eine „Tollwutprämie“ abgelöst. Ab diesem Zeitpunkt erhielten die Jäger für jeden abgelieferten, untersuchungsfähigen Fuchs 30 DM (bzw. 15,50 €). Allerdings wurde diese Prämie nur solange ausgezahlt, bis das erforderliche Jahreskontingent des Landkreises erreicht war. Pro Landkreis wurde ein Probensoll von 16 Füchsen pro 100 km² veranschlagt.

2.1.3. Prävalenzstudie 2002 / 2003

In einem aktuellen landesweiten Monitoring Programm des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg wurde vom 02.01.2002 bis zum 13.11.2003 an vier Chemischen- und Veterinäruntersuchungsämtern (Aulendorf, Freiburg, Stuttgart-Fellbach und Karlsruhe, Außenstelle Heidelberg) der Rektalinhalt von 5794 Füchsen mit einem Koproantigen-ELISA untersucht. Diese Füchse waren zwischen dem 01.01.2001 und dem 13.11.2003 erlegt worden.

Um die Größe der Stichprobe bei der vorliegenden Studie einschätzen zu können, wurde die Zahl der untersuchten Tiere mit der Jagdstrecke verglichen. In einem Jagdjahr (01.04.2002 - 31.03.2003) wurden 87 979 Füchse geschossen (Wildforschungsstelle, 2005). Im selben Zeitraum (Eingangsdatum im Untersuchungsamt) wurden 4244 Füchse zum Monitoring eingesandt und untersucht. Das entspricht einem Anteil von 4,8% der Jagdstrecke.

2.2. Untersuchungsmethoden für *E. multilocularis*

2.2.1. Darmabstrichmethode

Die Darmabstrichmethode wurde in einem L3-Sicherheitslabor mit spezieller Einrichtung zur Hitzedekontamination durchgeführt. Es wurde eine

makroskopische und mikroskopische Untersuchung mit der etablierten Methode vorgenommen (Eckert, 2001, Deplazes und Eckert, 1996). Dazu wurde der Dünndarm entnommen, nachdem die Füchse, sofern zuvor gefroren, etwa 36 Stunden aufgetaut waren. Vor dem Entfernen des Darminhalts erfolgte eine Sichtkontrolle des mit der Darmschere aufgeschnittenen Dünndarms auf *E. multilocularis* und andere Helminthen (Cestoden: *Mesocostoides* spp., *Taenia* spp.; Nematoden: *Ascaridae*, *Ancylostomatidae*; Trematoden). In 10 cm Abstand wurden mit der schmalen Seite von Objektträgern tiefe Schleimhautabstriche gemacht. Diese wurden auf eine rechteckige Petrischale gepresst und unter dem Stereomikroskop (12- fache bis 50- fache Vergrößerung) untersucht. Die Identifizierung von *E. multilocularis* erfolgte anhand der typischen Morphologie des Wurms. Weiterhin wurde das Entwicklungsstadium, der Reifegrad der Endproglottis erfasst.

Die absolute **Anzahl der Würmer im Abstrichmaterial** diene als Index für die Befallsintensität eines Fuchses. Dabei wurden bei jedem Tier etwa 20% der Darmschleimhaut abgestrichen. Die Auswertung der *E. multilocularis*-Befallsintensität erfolgte parallel mit zwei verschiedenen Methoden. Einerseits wurde die durchschnittliche absolute Wurmzahl im Darmabstrich eines Fuchses in Landkreisen bzw. Landnutzungsgebieten mit verschieden hoher *E. multilocularis*-Prävalenz berechnet. Andererseits wurde anhand der Wurmzahl im Abstrich eine Aufteilung der Füchse in vier Kategorien mit verschieden starkem Befall vorgenommen. Dabei entsprach „CH1“ einem schwachen *E. multilocularis*-Befall, mit einer Anzahl von 1 bis 5 Würmern und „CH2“ einem etwas stärkeren Befall mit einer Anzahl von 6 bis 50 Würmern im Abstrichmaterial. Der Kategorie „CH3“ wurden Tiere mit einer mittleren Befallstärke von 51 bis 1000 Würmern im Abstrichmaterial zugeordnet. Ein massiver Befall mit 1000 oder mehr *E. multilocularis*-Würmern im Darmabstrich wurde als Wurmzahl im Abstrich nur 1000 angegeben, statt weiter auszuzählen. Diese Füchse wurden in die Kategorie „CH4“ eingeordnet. Die Anzahl der Füchse in den vier verschiedenen Kategorien wurden in Landkreisen bzw. Landnutzungsgebieten mit unterschiedlich hohen *E. multilocularis*-Prävalenzen verglichen.

2.2.2. Koproantigen-ELISA

Der Rektalinhalt der Füchse wurde mit einem kommerziellen, monophasischen ELISA (Chekit Echinotest, Intervet, Dr. Bommeli-AG, CH-3097 Bern) (Charge Nr. 113-006 und 113-007) nach Anleitung des Herstellers (Anhang: S. 133) auf *E. multilocularis*-Koproantigene untersucht. Vor der Untersuchung mit dem Koproantigen-ELISA wurde der Rektalinhalt für mindestens vier Tage bei -70 bis -80°C tiefgefroren, um die Eier von *E. multilocularis* zu inaktivieren.

Zur Probenaufarbeitung wurde 1 g Rektalinhalt in 3 ml Probenverdünner gegeben und bei Raumtemperatur durchmischt. Die Suspension wurde 10 Minuten bei 3000 g zentrifugiert. Von dem Überstand wurden 80 µl in jede Reaktionsvertiefung der Testplatte pipettiert. Von der Negativ- und der Positivkontrolle wurden jeweils 20 µl in die entsprechenden Reaktionsvertiefungen gegeben. Nach einem kurzen Schütteln wurde die Testplatte abgedeckt und 90 Minuten bei Raumtemperatur inkubiert. Im Anschluss wurden 6 Waschdurchgänge mit der vorgesehenen Lösung durchgeführt. Im nächsten Schritt wurden 80 µl Verdünner und 20 µl der Probe in jede Testvertiefung pipettiert. Nach einer weiteren 90-minütigen Inkubationszeit und der anschließenden Waschung wurden 100 µl des vorgewärmten Chromogens zugegeben. Das Abstoppen der Farbreaktion mit 50 µl einer Stopplösung erfolgte nach einer Inkubation von 20 bis 30 Minuten. Bei einer Wellenlänge von 405 nm (Referenzwellenlänge = 492 nm) konnte im Fotometer die Farbreaktion gemessen werden. Die bei der Doppelbestimmung berechneten Mittelwerte der optischen Dichten (OD) von Proben und Positivkontrollen wurden mit den Extinktionen der Negativkontrollen korrigiert. Die korrigierten Werte wurden auf den Wert der Positivkontrolle (100%) bezogen. Laut Anweisung des Herstellers waren Proben mit einem so korrigierten Probenwert zwischen 30 und 40 % als grenzwertig einzustufen und sollten wiederholt werden. Für einen Teil der Proben ergab sich auch bei der Wiederholung ein Probenwert in diesem Grenzbereich. Diese Proben wurden zu den negativen Proben gezählt, damit wurde der „Cut-off“ bei der Auswertung des Koproantigen-ELISA bei 40% gesetzt (Abb. 2).

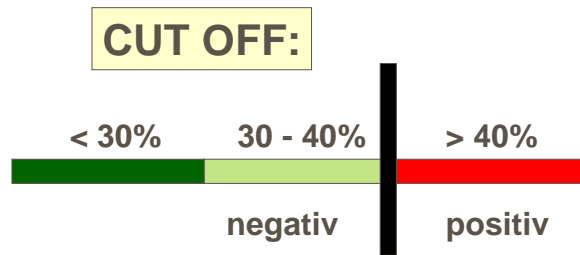


Abb. 2: Der „Cut-off“ zur Einstufung der mit dem Koproantigen-ELISA ermittelten Probenwerte wurde bei 40% gesetzt.

Die Verteilung der berechneten Probenwerte von 899 Proben (davon 375 positiv) des Untersuchungsamts Heidelberg wurde mit dem Programm EXCEL von MICROSOFT WINDOWS in einem Diagramm dargestellt (Abb. 3).

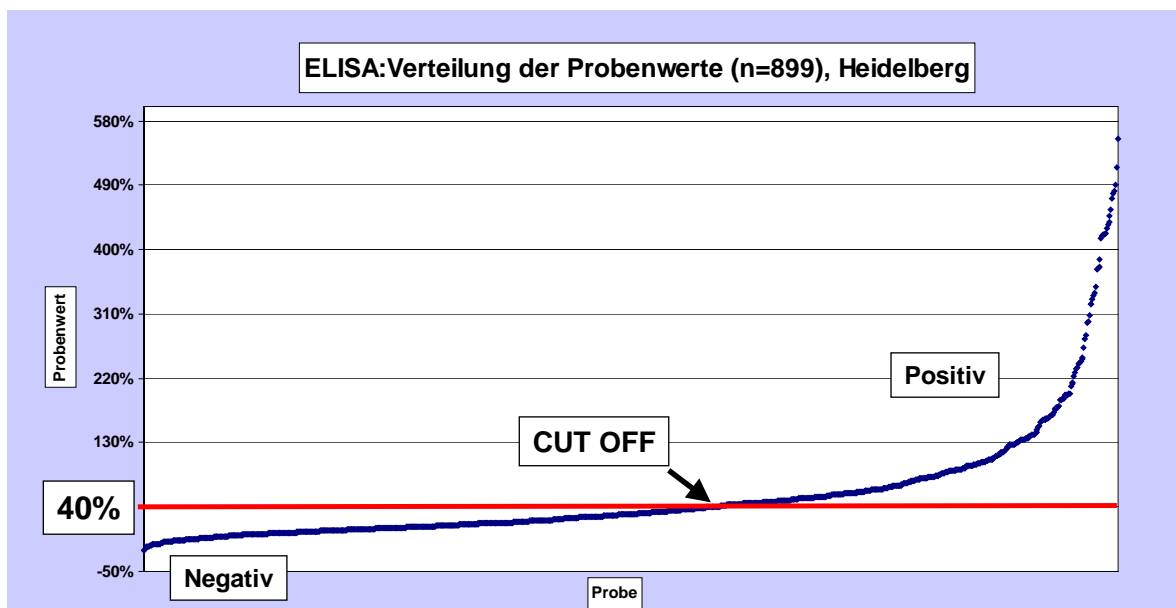


Abb. 3: Verteilung der Probenwerte, die mit dem Koproantigen-ELISA an der Außenstelle Heidelberg des Chemischen und Veterinäruntersuchungsamts Karlsruhe ermittelt wurden. Die untersuchten 899 Rotfüchse waren zwischen Januar 2002 und August 2003 erlegt worden. Der Cut-off zur Einstufung der Probenwerte wurde bei 40% gesetzt.

Eine geringe Kreuzreaktion mit anderen *Echinococcus*-Spezies wurde bei einem *E. multilocularis*-Koproantigen-ELISA (Deplazes et al., 1999) festgestellt. Obwohl dieser spezifischer war, als der verwendete Koproantigen-ELISA (Chekit Echinotest, Dr. Bommeli-AG, CH-3097 Bern), wird davon ausgegangen, dass bei den Füchsen im Studiengebiet keine anderen *Echinococcus* Spezies vorkommen, die falsch-positive Ergebnisse hervorrufen könnten.

Eine Evaluierung des Koproantigen-ELISA (Chekit Echinotest, Dr. Bommeli-AG, CH-3097 Bern, Charge Nr. 113-007) wurde mit 184 Füchsen aus einem Hochendemiegebiet in Südbayern (Landkreis Starnberg) durchgeführt (Romig et al., unveröffentlicht). Als Referenzmethode diente die hoch spezifische Darmabstrichmethode. Es ergab sich eine Sensitivität von 66% (CI 95%: 56 - 75%) und eine Spezifität von 90% (CI 95%: 81 - 96%) für den Koproantigen-ELISA (Anhang: Tab. 8).

Um einen besseren optischen Vergleich zwischen den mit unterschiedlichen Methoden erhobenen Daten aus den Studien 1995 – 2000 und 2002 / 2003 zu ermöglichen, fand eine Korrektur der Daten aus der Studie 2002 / 2003 statt. Die *E. multilocularis*-Prävalenz, die in der Studie 2002 / 2003 errechnet worden war, wurde mit dem Faktor 1,515 (100/66) multipliziert. Dieser Faktor wurde aufgrund der bei der Evaluierung des Koproantigen-ELISA festgestellten Sensitivität von 66% festgelegt. Die Spezifität des Koproantigen-ELISA wurde bei der Korrektur nicht berücksichtigt. Wie erwartet war die Sensitivität des Koproantigen-ELISA abhängig von der Infektionsintensität (Anhang: Tab. 8). Bei der Evaluierung mit der Darmabstrichmethode ergab sich bei einer Wurmbürde von 1 bis 10 *E. multilocularis*-Exemplaren pro Fuchs eine Sensitivität des Koproantigen-ELISA von 41%, bei 10 bis 100 *E. multilocularis* Würmern im Abstrich lag sie bei 66% und bei über 100 *E. multilocularis* Würmern im Abstrich lag sie bei 93%. Mit zunehmender Wurmanzahl im Abstrich erhöhte sich auch der mittlere Wert der optischen Dichte (OD-Wert) des Koproantigen-ELISA.

Während der Studie 2002 / 2003 wurden die Daten aus den vier baden-württembergischen Untersuchungsämtern am Untersuchungsamt Freiburg gesammelt und zu einer EXCEL-Tabelle zusammengestellt. Diese Tabelle mit 5794 Befunden von Füchsen, die mit dem Koproantigen-ELISA untersucht und

vom 02.01.2002 bis zum 13.11.2003 erlegt worden waren, war Grundlage für diese Arbeit.

Die Daten aus den Beköderungsbereichen wurden bei der Auswertung der *E. multilocularis*-Prävalenz im Zusammenhang mit der Landnutzung ausgeschlossen. Da das Bekämpfungsprogramm beim Abschluss der Datenerhebung für die vorliegende Arbeit noch andauerte und ein großer Teil der Daten noch nicht vorlag, konnte unabhängig von der Landnutzung auch keine sinnvolle Auswertung der Daten aus den Beköderungsbereichen vorgenommen werden.

2.3. Landnutzungsdaten: CORINE-Karte

2.3.1. Entstehung der CORINE-Karte

Um den Zusammenhang des *E. multilocularis* Vorkommens bei Rotfüchsen in Baden-Württemberg mit der Landnutzung untersuchen zu können, dienten die Rasterdaten der europäischen Landnutzungskarte CORINE („Co-Ordination of Information on the Environment“) als Grundlage.

Die CORINE-Karte (Version 12, 90; 250 m) wurde zwischen 1986 und 1996 von der europäischen Umweltbehörde (EEA: „European Environment Agency“) erstellt. Sie schloss geographisch 15 Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft, 13 östlich angrenzende Staaten und die Küstenzone von Tunesien und Marokko ein. Für die Auswertung in der vorliegenden Arbeit wurde nur der baden-württembergische Ausschnitt der CORINE-Karte (Abb. 4) genutzt.

Bei der Landkarten-Nomenklatur wurden drei Ebenen unterschieden. In der ersten Ebene gab es fünf Unterteilungen (künstliche Oberflächen, landwirtschaftliche Flächen, Waldgebiete, Feuchtgebiete und Wasserflächen), diese wurden in der zweiten Ebene in 15 Kategorien und in der dritten Ebene in 44 CORINE-Landnutzungsklassen (CCL) aufgesplittet (Tab. 1).

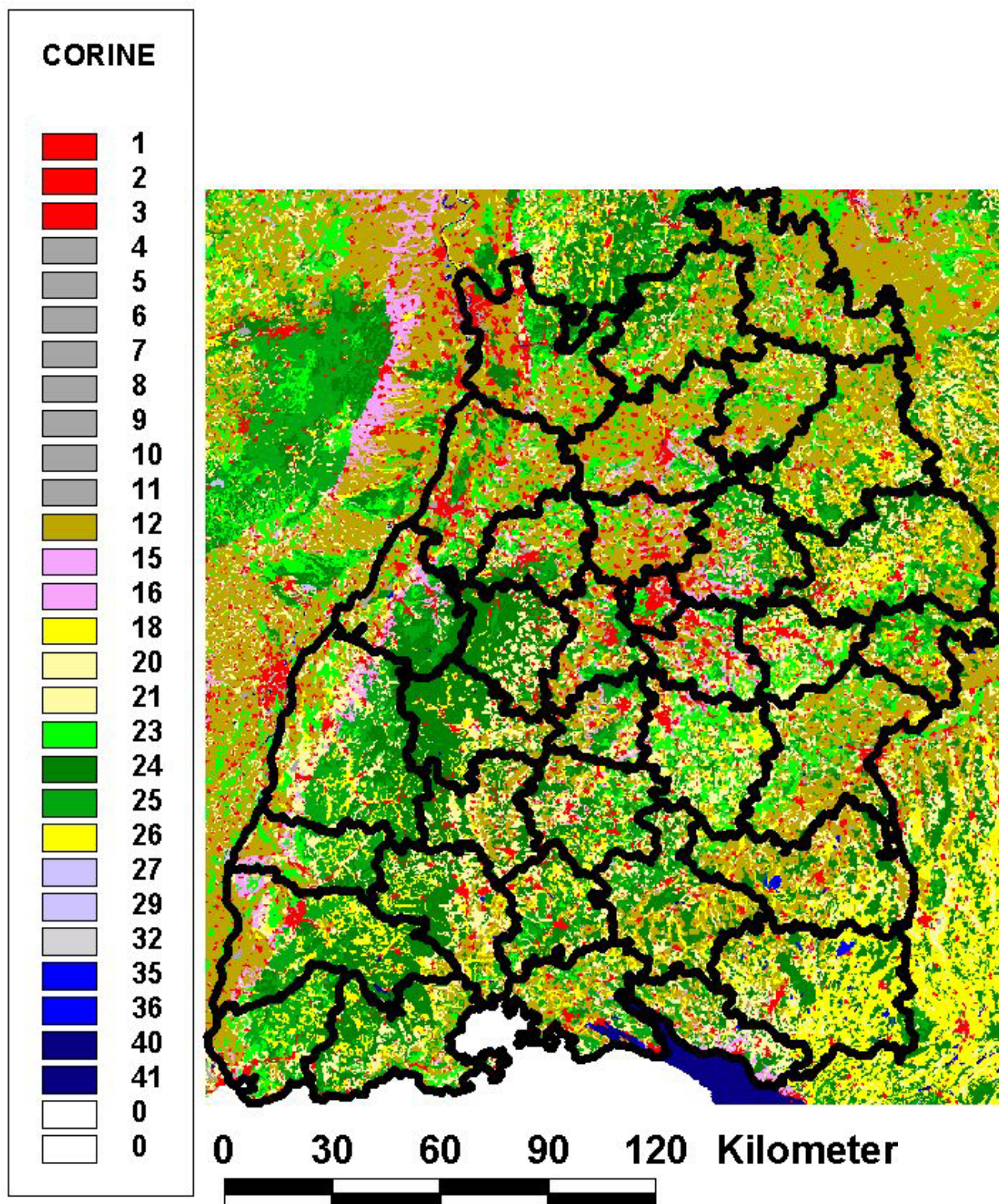


Abb. 4: CORINE-Landnutzungskarte (Version 12, 90; 250 m) mit den Landkreisgrenzen von Baden-Württemberg

CCL Nr	EBENE 1	EBENE 2	EBENE 3
1	Künstliche Oberflächen	Städtische Gegend	Stadt (zusammenhängend)
2			Stadt (nicht zusammenhängend)
3		Industrieeinheiten	Industriegebiet
4			Straßen und Schienennetz
5			Häfen
6			Flughäfen
7		Minen, Müllhalden und Baustellen	Gewinnung von Bodenschätzen
8			Müllhalden
9			Baustellen
10		künstliche Fläche mit Vegetation	städtische Grünflächen
11			Sport, Golf, Campingplätze
12	Landwirtschaftliche Flächen	Ackerland	Ackerland (nicht-bewässert)
15		permanente Felder	Weingärten
16			Obst und Beeren
18		Weiden	Wiesen
20		Misch- und landwirtschaftliche Flächen	komplexe Kultivierungsmuster
21			Acker mit natürlicher Vegetation
23	Wald und halbnatürliche Flächen	Wälder	Laubwald
24			Nadelwald
25			Mischwald
26		Strauch und Buschland	extensives Grasland
27			Moor und Heideland
29			Buschland mit Bäume
30		offene Flächen mit wenig Vegetation	Strand, Dünen
32			Steppe, Tundra
35	Feuchtgebiete	Feuchtgebiete im Landesinneren	Marsch, Sumpf
36			Torfmoor
40	Wasserflächen	Wasserflächen im Landesinneren	Wasserläufe
41			Seen

Tab. 1: Die Nomenklatur der CORINE-Landnutzungskarte ist in drei Ebenen eingeteilt. Innerhalb dieser Ebenen wird die Gruppierung der Landnutzungsklassen, die in Baden-Württemberg vorkommen, dargestellt.

Ausgangspunkt für die Erstellung der Karte im Rahmen eines europäischen Projektes war das Ziel gewesen, eine vergleichbare Datengrundlage der Landnutzung in Europa zu haben. Es sollte zum Beispiel ermöglicht werden, die Austrocknung oder Rodung bestimmter Flächen oder die Bebauungsentwicklung entlang von Küstenstreifen im Laufe der Zeit besser einschätzen zu können. Inzwischen wurde im Jahr 2000 eine zweite Version der Karte erstellt.

Als wichtigste Datengrundlage wurden Satellitenaufnahmen der Bodendeckung herangezogen. Mit diesen Satellitenkarten wurden zunächst Negativbilder (Maßstab 1 : 100 000) produziert. Diese wurden mit Hilfe von vorhandenen topographischen Karten, statistischen Daten und bestehenden Landnutzungsdaten computerunterstützt interpretiert (Abb. 5). Eine Flächeneinheit auf der Karte wurde so definiert, dass sie auf der Satellitenkarte eindeutig von ihrer Umgebung abgrenzbar war. Sie enthielt entweder eine homogene Oberfläche (z.B.: Wald)

oder eine Kombination von elementaren Landnutzungsflächen. Als kleinste Einheit wurde ein Pixel auf der Rasterkarte mit einer Größe von 250 x 250 Metern (6,25 ha) festgelegt. Jedem Pixel wurde eine der 44 CORINE-Landnutzungsklassen zugeordnet.

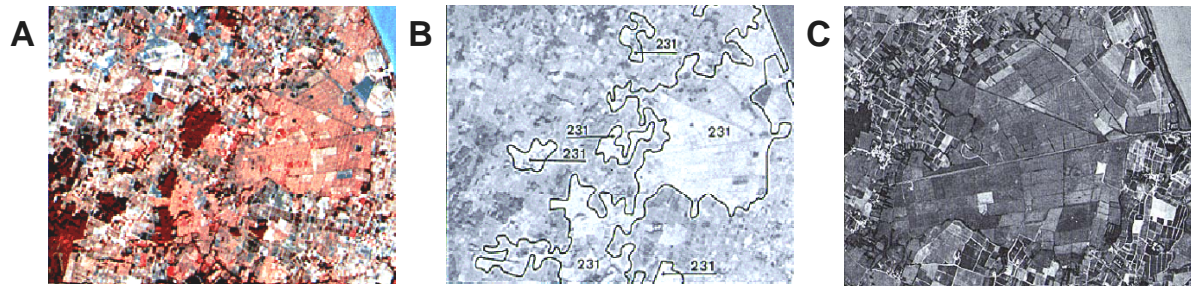


Abb. 5: Erstellung der CORINE-Landnutzungskarte am Beispiel der Grasklasse:

Auf dem Satellitenbild (A) aus Frankreich / Saint-Laurent-et-Benon (Spot 3.2.1, 1:100 000, Mai 89) erscheinen die Weiden und Wiesen hellrot. Zur Interpretation (B) des Satellitenbildes wurde den umrissenen Flächen die CORINE-Landnutzungsklasse Wiese (CCL 18, bzw. 231) zugeordnet. Ein mehrfarbiges Luftbild (C) wurde als Interpretationshilfe herangezogen.

Während des Prozesses wurde die Qualität der Computerinterpretation laufend überprüft, dazu wurden Luftbilder und Feldstudien genutzt. Größe, Abgrenzbarkeit und Zuordnung der Flächeneinheiten zu den CORINE-Landnutzungsklassen wurden geprüft. In Portugal wurde eine letzte Validierung der CORINE-Karte vorgenommen, bevor diese digitalisiert wurde.

Bei der Auswertung der Landnutzungsdaten in den jeweiligen administrativen Einheiten ergab sich ein Flächenunterschied zwischen dem SABE (seamless administrative boundaries of europe) Datensatz und den CORINE-Daten von bis zu 7,6% für die Gemeindeflächen und von bis zu 0,5% für die Landkreisflächen.

2.3.2. CORINE-Klassen in Baden-Württemberg

In Baden-Württemberg werden 98,7% der durch die CORINE-Karte erfassten Fläche durch 12 der 44 CORINE-Landnutzungsklassen (CCL) abgedeckt. Die Definitionen der einzelnen Landnutzungsklassen in Baden-Württemberg sind in Tabelle 2 aufgeführt. Für die weitere Auswertung wurden die 12 wichtigsten

Landnutzungsarten in Baden-Württemberg zu den vier Hauptnutzungsarten Gras, Acker, Wald und Stadt zusammengefasst. Die Waldklassen (CCL 23 bis 25) nehmen mit 40% den größten Flächenanteil ein. Ein Viertel der Gesamtfläche wird durch die Ackerklasse (CCL 12) repräsentiert. Die Fläche der Stadtklassen (CCL 2 und CCL 3) hat einen Anteil von 7%, die Grasklasse (CCL 18, 20, 21, 26) nimmt 26% der Fläche von Baden-Württemberg ein. Die anderen CORINE-Landnutzungsklassen erklären Flächenanteile, die kleiner als 2% sind (Abb. 6).

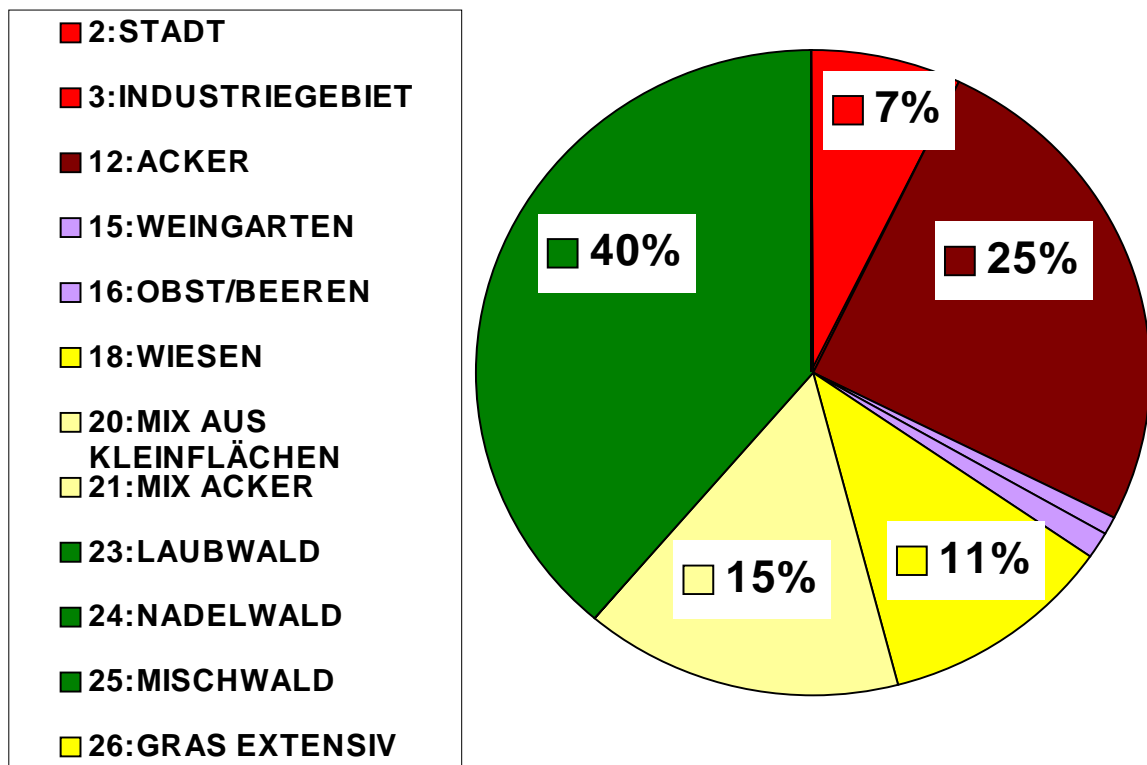



















Abb. 6: Anteil der CORINE-Landnutzungsarten an der Gesamtfläche von Baden-Württemberg: Aufgrund der ähnlichen Landnutzung wurden Landnutzungsklassen zusammengefasst. Die Klassen Stadt und Industriegebiet (2, 3, rot) und sowie Wiesen und extensiv genutzte Grasflächen (18, 26, gelb) wurden zusammengefasst. Ebenso wurde die Fläche der beiden Mischklassen (20, 21, hellgelb) addiert. Auch die verschiedenen Waldarten (23, 24, 25, grün) wurden als eine Klasse dargestellt. Landnutzungsklassen mit einem Anteil von weniger als 0,3% wurden nicht dargestellt.

CORINE Landnutzungsklassen (CCL) in Baden-Württemberg	
CCL	Bezeichnung und Definition
2	Stadt
	Der größte Teil der Fläche ist bebaut. Gebäude, Straßen und künstliche Flächen liegen neben Brachflächen und bewachsenen Flächen.
3	Industriegebiet
	Künstlich geschaffene Oberflächen (z.B. asphaltierte Flächen) ohne Vegetation bedecken den größten Teil der Fläche, die auch Gebäude oder bewachsene Flächen enthält.
12	Ackerland
	Getreide- und Gemüsegelder, Brachland, Baumschulen, Blumen- und Gemüseanbauflächen (auch unter Glas), andere Kulturen, gepflügtes Land ohne Pflanzendecke sowie künstliche und vorübergehende Weiden (Futterflächen) mit Fruchtfolgesystem gehören zum Ackerland.
15	Weingärten
	Zu dieser Klasse zählen alle Flächen, die mit Wein bepflanzt sind.
16	Obst und Beeren
	Parzellen mit Obstbäumen und Sträuchern, einzelnen oder gemischten Obstarten, Obstbäume auf permanenten Grasflächen sowie Kastanien- und Walnuss-Wälder gehören zu dieser Klasse.
18	Wiese
	Flächen, die dicht mit Gras bedeckt sind, die nicht im Fruchtfolgesystem sind, die als Weide oder Futterfläche genutzt werden und die sich in der Nähe von bewohnten und kultivierten Flächen befinden, werden als Wiesen eingestuft. Die Hecken in diesem Gebiet zählen dazu.
20	komplexe Kultivierungsmuster
	Diese Mischklasse ist durch ein Nebeneinander von kleinen Stücken (< 25 ha) von verschiedenen Weiden, Wiesen und zeitweiligen und permanenten Feldern gekennzeichnet. Auch Stadtgärten und Obstgärten können zu dieser Klasse gehören.
21	Ackerland mit natürlicher Vegetation
	Diese Mischklasse besteht vorwiegend aus landwirtschaftlich genutzter Fläche (25-75%). Die übrige Fläche ist mit natürlicher Vegetation bedeckt. Hecken sind bei dieser Klasse ausgeschlossen.
23	Laubwald
	Flächen mit einer Vegetation aus Bäumen sowie einem Unterwuchs aus Büschen und Sträuchern, bei denen die Laubbaumarten überwiegen, gehören zu dieser Klasse.
24	Nadelwald
	Flächen mit einer Vegetation aus Bäumen sowie einem Unterwuchs aus Büschen und Sträuchern, bei denen die Nadelbaumarten überwiegen, werden dieser Klasse zugeordnet.
25	Mischwald
	Flächen mit einer Vegetation aus Bäumen sowie einem Unterwuchs aus Büschen und Sträuchern gehören zu dieser Klasse.
26	extensives Grasland
	Grasflächen sind entfernt von bewohnter und kultivierter Fläche auf rauhem, unebenem Grund mit einer extensiven landwirtschaftlichen Nutzung lokalisiert. Sie können mit Heide oder steinigem Bereichen durchsetzt sein und als Schafweiden genutzt werden. Die Beweidung der bergigen Flächen erfolgt von Juni bis September. Hecken oder Mauern sind bei dieser Klasse ausgeschlossen.

Hauptnutzungsart:	 Stadt
	 Acker
	 Wald
	 Gras
	 keiner Hauptnutzungsart zugeordnet

Tab. 2: Für jede CORINE-Landnutzungsklassen (CCL) in Baden-Württemberg wird deren Kennziffer, Bezeichnung, Definition und Zuordnung zu einer Hauptnutzungsart dargestellt.. Die Klassen 15 und 16 wurden keiner Hauptnutzungsart zugeordnet, da sie weniger als 2% der Gesamtfläche Baden-Württembergs einnehmen.

2.3.3. Validierung durch eigene Kartierung

Die CORINE-Daten sollten in Bezug auf ihre Tauglichkeit zur Charakterisierung von Landschaftsparametern, die für die Übertragung von *E. multilocularis* relevant sein könnten, validiert werden. Dazu wurde in der vorliegenden Studie exemplarisch eine detaillierte Kartierung der Gemeinde Römerstein durchgeführt. Diese Gemeinde mit einer Fläche von 4600 ha (727 Pixel) liegt auf der Schwäbischen Alb, im Landkreis Reutlingen. Die 3914 Einwohner (Stand 31.12.2003) leben in drei Ortschaften, die sich auf einer Höhe von 756 m bis 803 m über NN befinden. Die Hügellandschaft setzt sich aus vielen kleinen Wiesen und Ackerflächen zusammen, die mit Hecken durchzogen sind. Ein Teil des Gebietes wird mit Schafen beweidet und ist durch eine spärliche Vegetation und Wachholderheide gekennzeichnet.

Für die Gemeinde Römerstein wurde durch das Einzeichnen der jeweiligen Landnutzung in die Flächen einer topographischen Karte (TK25, Maßstab: 1 : 25 000, TSN) eine eigene Karte erstellt (Anhang: Abb. 45). Auf dieser Karte hatte die Gemeinde eine Fläche von 4584 ha. Auf der CORINE-Karte, die durch die administrativen Grenzen (SABE) ergänzt worden war, war die Gemeinde Römerstein 4600 ha groß. Bei dem Vergleich der beiden Karten lag also eine Flächendifferenz von 0,2% vor.

Beim ersten Kartierungsdurchgang (16.06.2004 –15.09.2004) wurde zwischen Wiese, Acker, Wald und Siedlungsfläche („Ort“) unterschieden, zusätzlich wurden die Hecken in die Karte eingetragen. Eine **Zwischenkategorie „Futter“** wurde definiert. Hierzu zählten Äcker, die im Rahmen der Fruchtfolge einjährig mit einer Kleegrasmischung als Tierfutter eingesät worden waren und später umgepflügt wurden. Die Kategorie „Futter“ bestand auf der neu erstellten Rasterkarte von Römerstein aus 20 Pixeln, das entspricht einem Anteil von 3% der gesamten Gemeindefläche. Sie wurde der Landnutzungs-kategorie Acker zugeschlagen, da hier die Nutzung die größte Ähnlichkeit aufwies. Durch die Definition der Kategorie „Futter“ war die Abgrenzung der Futterflächen von den optisch ähnlich aussehenden Wiesen erleichtert worden.

In vergrößert ausgedruckte Kartenausschnitte wurden vor Ort die Grenzen der verschiedenen Landnutzungsflächen eingetragen. Die gesamte Gemeinde wurde begangen beziehungsweise mit dem Fahrrad befahren, um die Verhältnisse vor Ort möglichst realitätsgetreu wieder zu geben. Die Waldflächen wurden

weitgehend aus der topographischen Karte übernommen, nur wenige frisch angepflanzte Schonungen wurden ergänzt. Die erhobenen Daten wurden in die topographische Vektorkarte (TK 25) eingezeichnet (Abb. 7). Zur Auswertung der Kartierung wurde das Programm ARC VIEW (Version 3.2 und 8.1, ESRI) verwendet.

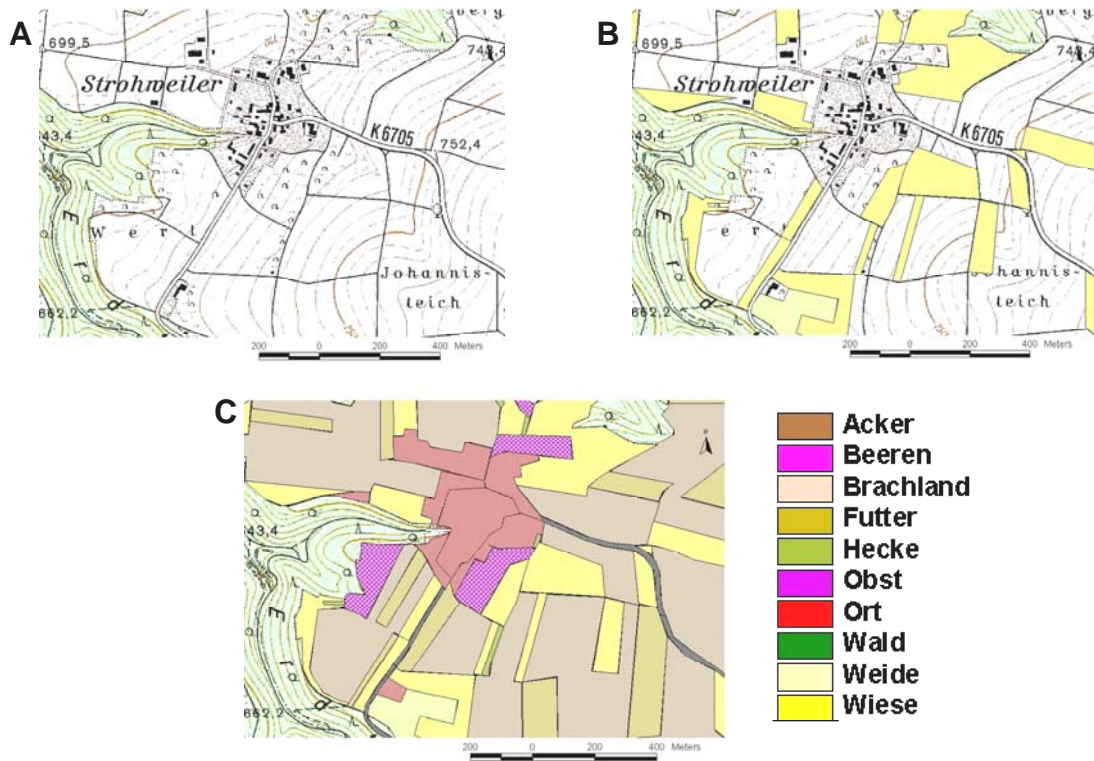


Abb. 7: Durch das Eintragen der verschiedenen Nutzungsarten in eine topographische Karte (1 : 25 000) der Gemeinde Römerstein (A) entstand im Sommer und Herbst 2004 eine eigene Landnutzungskarte (B, C) dieser Gemeinde.

Die neue Vektorkarte, die auf der Grundlage des Transverse Mercator Koordinatensystems (Germany Zone 3, Bessel 1841) für Römerstein erstellt worden war, musste in ein benutzerdefiniertes „Lambert Assimultan“ Koordinatensystem umprojiziert werden. Erst dadurch wurde der Vergleich mit den CORINE-Daten, die in diesem System vorlagen, möglich. Anschließend wurde die erstellte Vektorkarte zu einer Rasterkarte der Gemeinde Römerstein mit einer Pixelgröße von 6,25 ha entsprechend einem CORINE-Pixel konvertiert. Bei der Konvertierung wurde die Zuordnung eines Pixels zu der entsprechenden CORINE-

Landnutzungsklasse anhand der Landnutzung im Zentrum dieses Pixels vorgenommen. Fünf Pixel (0,6%) konnten keiner Klasse zugeordnet werden. Die erstellte Rasterkarte von Römerstein wurde mit der CORINE-Rasterkarte verglichen (Abb. 8).

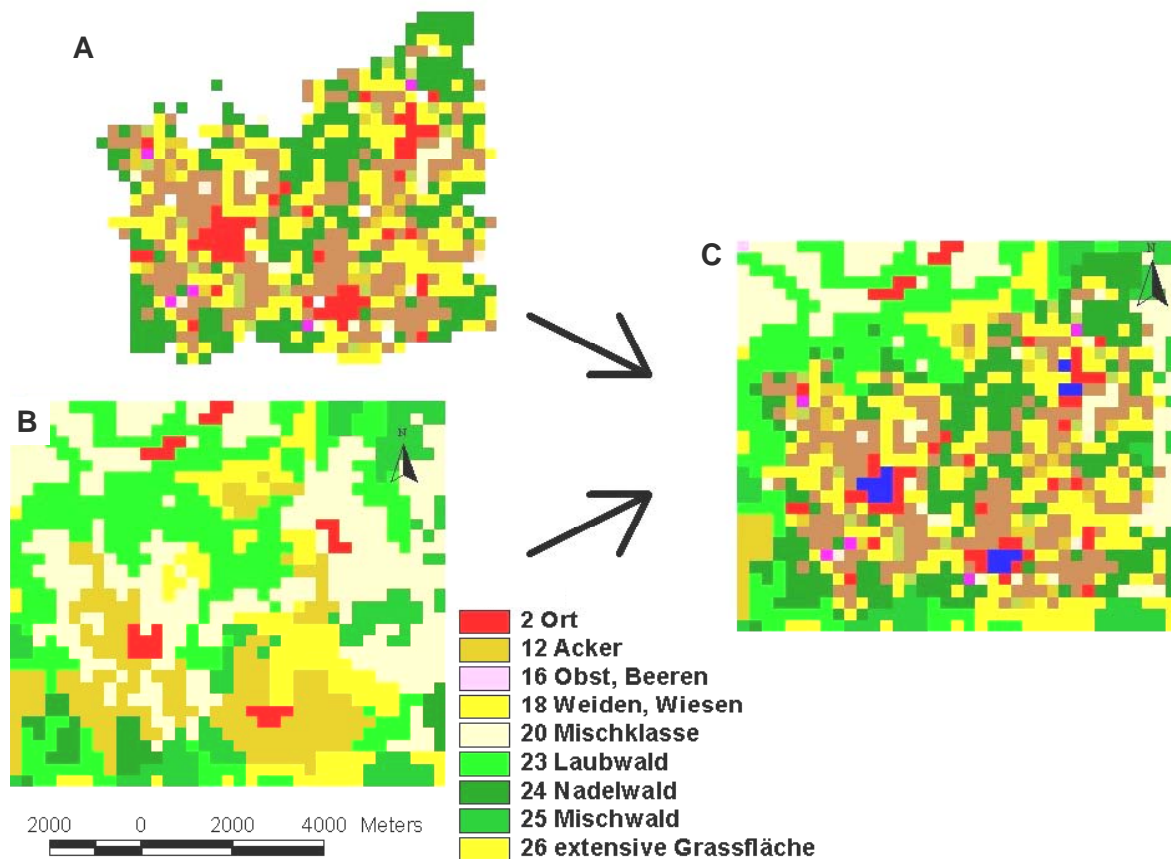


Abb. 8: Die im Sommer und Herbst 2004 mit Hilfe einer Kartierung erstellte Vektorkarte der Gemeinde Römerstein wurde in eine Rasterkarte mit der gleichen Pixelgröße (250m x 250m) wie bei der CORINE-Landnutzungskarte konvertiert. Die so entstandene Rasterkarte der Gemeinde Römerstein (A) wurde zum Vergleich auf die CORINE-Landnutzungskarte (B) gelegt. Dann wurden die Pixel beider Karten mit dem Programm ARC VIEW miteinander verglichen. Die übereinstimmenden Pixel der Ortsklasse (rot) sind auf der Auswertungskarte (C) hervorgehoben (blau).

Parallel zum Vergleich der Rasterkarten wurde eine andere Art der Auswertung gewählt. Die erstellte Vektorkarte wurde mit einer CORINE-Vektorkarte geschnitten (ARC VIEW Funktion: geoprocessing wizard: intersect). Das Schnittprodukt enthielt für jedes Polygon die Attribute beider Karten (Anhang: Abb. 39).

Durch Zeichnungsungenauigkeiten kam es beim Schneiden zu einer Differenz von 37 ha (0,8%) zur ursprünglich kartierten Fläche. Der prozentuale Anteil der kartierten Landnutzungskategorien, die mit der jeweiligen CORINE-Landnutzungs-kategorie übereinstimmten, wurde berechnet. Die Zusammensetzung der Mischklasse (CCL 20), die laut Definition eine Mischung aus Kleinflächen verschiedener Landnutzungsarten ist, wurde bestimmt.

Um die Proportionen der verschiedenen Hauptnutzungsanteile zu bewerten, wurde die aus der CORINE-Karte ablesbare Landnutzung der kartierten Zusammensetzung der Landschaft in Römerstein gegenübergestellt. Die Mischklasse (CCL20) existiert nur auf der CORINE-Karte. Daher wurde in einem zweiten Schritt ihr Anteil durch ihre bei der Kartierung festgestellte Zusammensetzung in Römerstein substituiert.

2.3.4. Erstellung von Indexkarten

Für die Populationsdichte der Zwischenwirte Feldmaus (*Microtus arvalis*) und Schermaus (*Arvicola terrestris*) spielt die Eignung einer Fläche als Habitat eine wichtige Rolle. Ob diese Habitateignung auch die Übertragungsintensität von *E. multilocularis* beeinflusst, sollte durch die Erstellung von Indexkarten untersucht werden.

Die Eignung der einzelnen Gemeinden in Baden-Württemberg als Zwischenwirts-Habitat wurde zunächst auf Grundlage der CORINE-Daten berechnet, wobei jeder Klasse eine hypothetische Eignungsstufe zugeordnet wurde (Abb. 9). Die Kriterien zur Vergabe der Eignungsstufen werden in der Diskussion erläutert. Der Index, der sich für jede Gemeinde ergab, wurde als „Habitateignungsindex“ bezeichnet.

„Habitateignungsindex“

Zur Erstellung des „Habitateignungsindex“ wurde eine Einordnung der Landnutzungsklassen (CCL) in fünf Eignungsstufen vorgenommen. Je nach Eignung als Habitat für Zwischenwirte wurde Stufe 100 (maximale Eignung), 75, 50, 25 oder 0 (minimale Eignung) vergeben. Den Stadtklassen (CCL2, 3) wurde Stufe 0 zugeordnet. Bei Acker (CCL12), Wald (CCL23, 24, 25) und Weingärten (CCL15) wurde von Stufe 25 ausgegangen. Obst und Beeren (CCL16) wurde in Stufe 75, die beiden Wiesenklassen (CCL18, 26) in Stufe 100 eingeteilt.

Die Zuordnung der beiden Mischklassen (CCL20, 21) zu Stufe 50 erfolgte aufgrund der bei der Kartierung festgestellten Zusammensetzung der Mischklasse (CCL20) in Römerstein. Die übrigen CORINE-Klassen wurden in Stufe 0 eingeordnet.

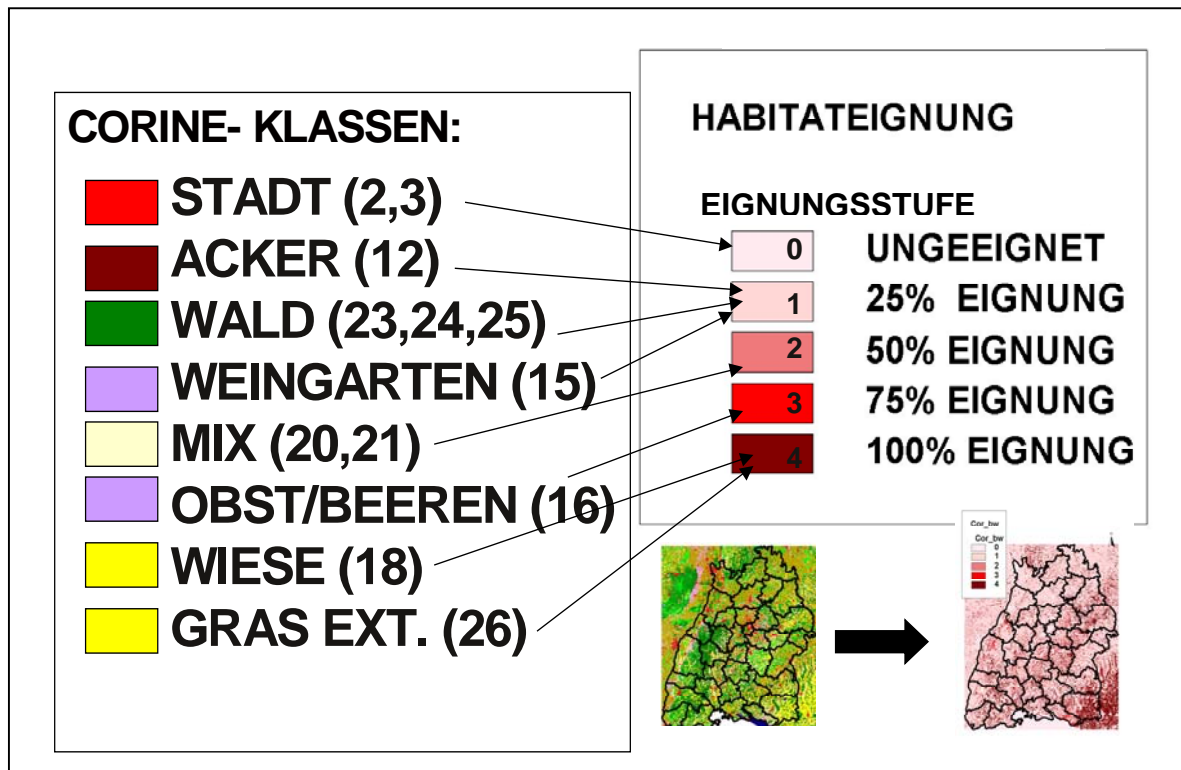


Abb. 9: Jeder CORINE-Klasse wurde ein hypothetischer Wert für ihre Eignung als Habitat für Zwischenwirte zugeteilt. Dadurch entstand aus der Landnutzungskarte eine Eignungskarte, auf der jedes Pixel eine Eignungsstufe (0-4) hatte.

Mit den neu entstandenen fünf Stufen wurde die CORINE-Karte in eine Eignungskarte umgewandelt. Um diese Rasterkarte für eine Auswertung auf Gemeindeebene verwenden zu können, wurde für jede Gemeinde der „Habitatsignungsindex“ (H_Index GEM) berechnet. In allen Gemeinden wurde die Fläche jeder Eignungsstufe (F100, F75, F50, F25, F0) jeweils mit dem entsprechenden Faktor 100, 75, 50 25 oder 0 multipliziert. Die Summe aller Produkte wurde durch die Gesamtfläche der Gemeinde (GEM_FLÄCHE) dividiert.

$$\text{H_Index GEM} = (\text{F100} \cdot 100 + \text{F75} \cdot 75 + \text{F50} \cdot 50 + \text{F25} \cdot 25 + \text{F0} \cdot 0) / \text{GEM_Fläche}$$

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen der *E. multilocularis*-Prävalenz feststellen, wurde eine Eignungskarte vereinfacht. Dazu wurde die Karte in vier Klassen (**H**abitat-**Q**uantile) mit der gleichen Anzahl von Gemeinden in jeder Klasse unterteilt. Diese wurden als HQ1 - HQ4 bezeichnet (Abb. 10). Für alle Gemeinden einer Klasse wurde bei der Berechnung der durchschnittlichen Prävalenz der verschiedenen Klassen (Habitat-Quantilen) ein Konfidenzintervall (Cannon und Roe, 1982) berechnet.

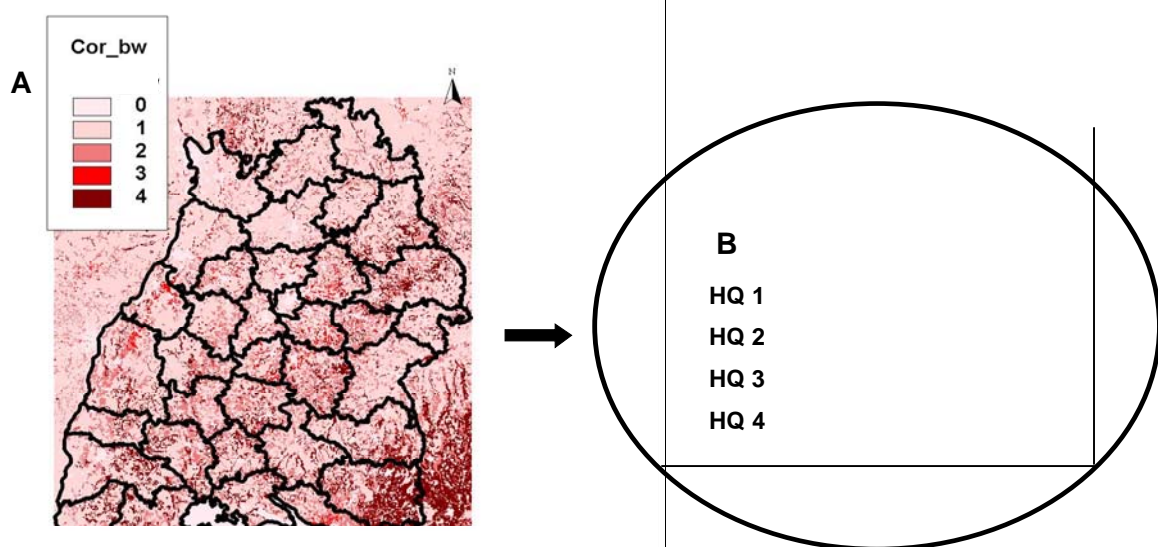


Abb. 10: Mit der Eignungskarte auf Pixelebene (A) wurde für jede Gemeinde ein „Habitat-eignungsindex“ berechnet. Die Legende der dadurch entstandenen Eignungskarte auf Gemeindeebene (B) wurde in vier Klassen (**H**abitat-**Q**uantile) aufgeteilt. Die Eignungskarte auf Gemeindeebene ist in Abb. 24 dargestellt. Ein hoher Index (dunkelrot) steht für eine besonders gute Eignung als Lebensraum für Nager, ein niedriger Index (hellrosa) für eine besonders schlechte Eignung.

„Römersteinindex“

In einem folgenden Schritt wurden aufgrund der eigenen Kartierung der Gemeinde Römerstein den kartierten Landnutzungskategorien eine Eignungsstufe als Nagerhabitat vergeben. Anhand dieser Einstufung wurde die zunächst hypothetisch festgelegte Eignung der Landnutzungsklassen als Nagerhabitat („Habitateignungsindex“) korrigiert. Diese Korrektur wurde schließlich in zwei

Schritten auf alle Gemeinden in Baden-Württemberg als Eignungsindex („Römersteinindex“) übertragen.

Als Grundlage für die Berechnung des „Römersteinindex“ dienten unabhängig von der CORINE-Karte die Ergebnisse der Kartierung. Bei dem zweiten Kartierungsdurchgang der Gemeinde Römerstein (am 22. + 25.10.04) wurde für jedes Landnutzungspolygon ein Wert für dessen Eignung als Nagerhabitat für die wichtigsten Zwischenwirte (*Microtus arvalis* und *Arvicola terrestris*) von *E. multilocularis* vergeben. Dabei wurde, wie bei der Zuordnung des „Habitat-eignungsindex“, eine Unterscheidung in fünf Eignungsstufen vorgenommen.

Um eine detaillierte Zuordnung zu ermöglichen, wurde bei den kartierten Wiesen eine Unterscheidung in Mähwiesen (Stufe 100), Weiden, Streuobstwiesen und Magerwiesen (Stufe 75) vorgenommen. Brachland, Straßenrandstreifen und sehr schmale Wiesenstücke im Wald oder Ackergebiet wurden davon unterschieden (Stufe 50) (Abb. 11). In der Kategorie „Ort“ wurden dicht bebaute Flächen, Tennisplätze und Straßen in Stufe 0 eingeordnet. Ausnahme waren Aussiedlerhöfe, ein Rasenfußballplatz sowie der Ortsrand beziehungsweise die Ortsteile, die stark mit Wiesenflächen und Gärten durchsetzt waren. Diesen wurde Stufe 25 zugeteilt. Für den Campingplatz wurde Stufe 50 vergeben, da er eine große freie Wiesenfläche beinhaltet. Bei der Kategorie „Hecke“ wurde eine Aufteilung in Stufe 25 beziehungsweise Stufe 50 vorgenommen. Direkt an den Wald angrenzende Hecken und frisch angepflanzte Schonungen wurden genau wie dieser in Stufe 25 eingeordnet. Frei zwischen Äckern und Wiesen stehende Hecken wurde Stufe 50 zugeteilt. Bei den Kategorien Acker und Wald wurde Stufe 25 vergeben.

Die so entstandene Eignungskarte für Römerstein war eine Vektorkarte. Sie wurde zur weiteren Auswertung in eine Rasterkarte umgewandelt. Dann wurde für jede CORINE-Klasse die Zahl der Pixel in den Eignungsstufen ermittelt. Der Anteil der Pixel an der Gesamtpixelzahl der Klasse wurde mit der Eignungsstufe multipliziert. Als Summe der Produkte ergab sich für jede CORINE-Klasse ein COR Eignungsindex (Tab. 3). Durch die Berechnung des COR-Eignungsindex konnte die tatsächliche Zusammensetzung der einzelnen CORINE-Klassen (CCL) in Römerstein in die Erstellung der Eignungskarte einfließen.

A



B



Abb. 11: Der Mähwiese (A) wurde eine 100%ige Eignung als Habitat für Feldmaus und Schermaus zugeordnet, dem Brachland (B) dagegen nur eine 50%ige Eignung (Fotos: Gemeinde Römerstein).

Die Flächen der CORINE-Klassen (CCL) in einer Gemeinde wurden mit dem entsprechenden COR-Eignungsindex (CI) multipliziert. Die Produkte wurden addiert und durch die Gesamtfläche der Gemeinde dividiert. Dies resultierte für jede Gemeinde in einem „Römersteinindex“ (HR). (Landnutzungsklassen für die kein COR-Eignungsindex berechnet worden war, da sie in der Gemeinde Römerstein nicht vorkamen, wurden nicht berücksichtigt.)

KLASSE	EIGNUNG	PIXEL	% ANTEIL(A)	CI
STADT: 2	0	10	56	0
	25	7	39	972
	50	0	0	0
	75	0	0	0
	100	1	6	556
SUMME		18	100	1528

$$\text{COR-Eignungsindex (CI)} = A_{100} \cdot 100 + A_{75} \cdot 75 + A_{50} \cdot 50 + A_{25} \cdot 25 + A_0 \cdot 0$$

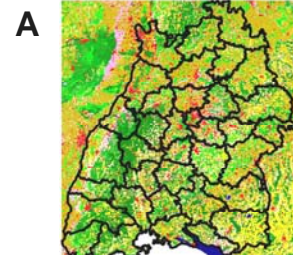
Tab 3: Die in Römerstein für die Stadtklasse ermittelten Flächenanteile (A) wurden mit ihrer Eignungsstufe (100, 75, 50, 25 oder 0) multipliziert. Als Summe dieser Produkte ergab sich für die Stadtklasse ein COR-Eignungsindex (CI). Der größte Teil (56%) der auf der CORINE-Karte als Stadtklasse gekennzeichneten Fläche war tatsächlich bebaut und daher schlecht als Nagerhabitat geeignet (Eignungsstufe 0).

Wie bei der ersten Eignungskarte wurde eine Aufteilung der Legende in vier Klassen (**Habitat-Römerstein-Quantile**) mit der gleichen Zahl von Elementen vorgenommen (Abb. 12). Diese wurden als HRQ1 - HRQ4 bezeichnet. Die *E. multilocularis*-Prävalenz aller Gemeinden einer Klasse wurde berechnet. Die Prävalenzen in den verschiedenen Klassen (**Habitat-Römerstein-Quantilen**) wurden unter Berücksichtigung der Konfidenzintervalle (Cannon und Roe, 1982) miteinander verglichen.

COR-EIGNUNGSINDICES (CI)

CI	CCL
1528	2
4304	12
5160	18
5072	20
4147	23,24,25
8500	26

STADT (2,3)
ACKER (12)
WALD (23,24,25)
MIX (20)
WIESE (18)
GRAS EXT. (26)


**Römersteinindex (HR)
für eine Gemeinde:**

Fläche jeder CCL(ha)* jeweiligem CI
Gesamtfläche der Gemeinde

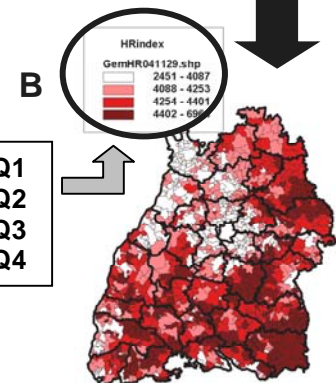


Abb. 12: Der „Römersteinindex“ (HR) wurde mit Hilfe der COREignungsindices (CI) der jeweiligen Landnutzungsklasse (CCL) berechnet. Dadurch entstand aus der CORINE-Karte (A) eine Eignungskarte (B) auf Gemeindeebene, die durch die eigenen Kartierungsergebnisse korrigiert worden war. Die Legende der korrigierten Eignungskarte wurde in vier Klassen (**H**abitat-**R**ömerstein-**Q**uantile) aufgeteilt.

Aufteilung des Untersuchungsgebiets in Regionen

In der Studie 1995 - 2000 wurden vor allem Daten aus Nord-Baden-Württemberg untersucht, in der Studie 2002 / 2003 stammten die Daten aus ganz Baden-Württemberg. Um für beide Studien Daten aus einem vergleichbaren Untersuchungsgebiet auswerten zu können, wurde eine Aufteilung der Daten aus der Studie 2002 / 2003 in die Regionen Nord- und Süd-Baden-Württemberg vorgenommen (Anhang: Abb. 40). Das Südgebiet wurde aufgrund der Landkreiszugehörigkeit in eine Region im Südwesten (OG, RW, TUT, EM, VS, FR, FRS, LÖ, WT) und eine Region im Südosten (TÜ, BL, SIG, KN, FN, RV, BC, UL, ULS) unterteilt. Die Landkreise (RT, ES, GP, UL, MOS, TBB), in denen eine Bekämpfung von *E. multilocularis* stattgefunden hatte, wurden bei der Auswertung

ausgeschlossen. Für die übrigen Regionen wurde mit Hilfe des „Römersteinindex“ eine Eignungskarte erstellt. Allen Gemeinden wurden vier Klassen (Habitat-Römerstein-Quantile) zugeordnet, die unterschiedlich gut als Nagerhabitat geeignet waren. In jeder Klasse wurde die *E. multilocularis*-Prävalenz berechnet.

2.3. Prävalenzauswertung

2.4.1 *E. multilocularis*-Prävalenz

Zunächst wurde mit den Daten aus beiden Studien (1995 – 2000 und 2002 / 2003) die **Periodenprävalenz** von *E. multilocularis* im gesamten Untersuchungsgebiet Baden-Württemberg geschätzt.

Bei der Auswertung auf Gemeinde- und Landkreisebene wurde zunächst die **Untersuchungsdichte** und anschließend die *E. multilocularis*-Prävalenz in den administrativen Einheiten dargestellt. Um trotz der sehr unterschiedlichen und teilweise sehr kleinen Probenzahlen eine sinnvolle Prävalenzauswertung durchführen zu können, wurden Filter gesetzt. Bei der Auswertung auf Gemeindeebene wurden nur Proben aus Gemeinden mit einer absoluten Probenzahl von mindestens 8 Proben pro Gemeinde berücksichtigt. Außerdem mussten aus diesen Gemeinden mehr als 8 Proben pro 100 km² vorliegen. Die Untersuchungsdichte war teilweise sehr gering. Bei der Studie 1995 - 2000 blieben von den 1111 Gemeinden nur 215 Gemeinden mit ausreichenden Probenzahlen und bei der Studie 2002 / 2003 nur 228 Gemeinden zur Auswertung übrig. Bei der Auswertung auf Landkreisebene gingen nur Kreise mit einer absoluten Probenzahl von mindestens 30 pro Landkreis und einer relativen Probendichte von mehr als 8 Proben pro 100 km² in die Auswertung ein. Um eine übersichtlichere Darstellung zu ermöglichen, wurden Stadtkreise bei der Prävalenzauswertung den umliegenden Landkreisen zugeschlagen.

Auf Landkreisebene wurde die in der Studie 1995 - 2000 mit der Darmabstrichmethode festgestellte **Wurmanzahl** analysiert. Die Landkreise mit einer absoluten Probenzahl von mindestens 30 pro Landkreis wurden in Prävalenzgruppen eingeteilt. Es gab eine Gruppe mit niedriger (< 30%), mittlerer

(30 bis 60%) und hoher (> 60%) *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen. In diesen Gruppen wurden die Anteile der Füchse mit verschiedenen Befallsintensitäten berechnet. Mit Hilfe des „Actus randomisation test“ ($\chi^2 = 103,7$; $p < 0,001$) wurden diese Daten statistisch ausgewertet (Estabrook, 1989).

Mit den Daten aus der Studie 2002 / 2003 wurde die *E. multilocularis*-Prävalenz in den **Regionen** Nord-, Südwest- und Südost-Baden-Württemberg errechnet.

Ausserdem wurden die **jahreszeitlichen Prävalenzunterschiede** für beide Studien berechnet. Dabei wurden die Proben aufgrund des Erlegedatums entweder den Sommer- (1. April bis 30. September) oder den Winter-Halbjahren (1. Oktober bis 31. März) zugeteilt. Die Proben aus den Beköderungsgebieten und die Proben, bei denen kein Erlegedatum angegeben war, wurden bei der jahreszeitlichen Auswertung nicht berücksichtigt. Für die Studie 2002 / 2003 wurde die *E. multilocularis*-Prävalenz im Sommer und Winter zusätzlich für die einzelnen Regionen (Nord-, Südwest- und Südost-Baden-Württemberg) berechnet.

2.4.2 Landnutzung und *E. multilocularis*-Prävalenz

Der Flächenanteil der Hauptnutzungsarten Gras, Acker, Wald und Stadt wurde in jeder Gemeinde bestimmt, um einen Überblick über die räumliche Landnutzungsverteilung in Baden-Württemberg zu bekommen. Ob es eine Korrelation dieses Anteils mit der *E. multilocularis*-Prävalenz in einer Gemeinde gibt, wurde statistisch analysiert.

Um die Hauptnutzungsarten nicht nur unabhängig voneinander zu betrachten, sondern auch deren Verhältnis zueinander zu berücksichtigen, wurde jeder Gemeinde aufgrund der dort vorherrschenden Hauptnutzung ein CORINE-Typ zugeordnet (Abb. 13).

Als Vorbereitung zur Definition des CORINE-Typs wurde ein Index für die vorhandenen Flächenanteile der Hauptnutzungsarten (Gras, Acker, Wald und Stadt) vergeben. Dazu wurde die maximale Fläche einer Hauptnutzungsart pro Gemeinde (z.B. Siedlungsfläche 47%) auf 100% gesetzt. Dann wurden die Legende in vier Klassen (Quantile) aufgeteilt, die mit einem Index Q1 bis Q4 versehen wurden. Der CORINE-Typ wurde festgelegt, indem bestimmt wurde,

welche Landnutzungsklasse den jeweils höchsten Index hatte. Zum Beispiel wurde der CORINE-Typ Wald „F 4“ vergeben, wenn eine Gemeinde für ihren hohen Waldanteil einen hohen Index und für die anderen Landnutzungsarten einen niedrigeren Index hatte. Der CORINE-Typ Wald / Acker „F / A“ wurde vergeben, wenn der Index für Wald und für Acker in einer Gemeinde gleich hoch und die Indices für die anderen Hauptnutzungsarten niedriger waren. Bei den CORINE-Typen wurden 12 reine Typen (z.B. „F 4“) und 9 Mischtypen (z.B. „F / A“) unterschieden. Mit den Daten aus beiden Studien wurde die *E. multilocularis*-Prävalenz zunächst für alle 21 CORINE Typen einzeln berechnet. Später wurde sie aus Übersichtsgründen für fünf zusammengefasste CORINE-Typ Gruppen berechnet.

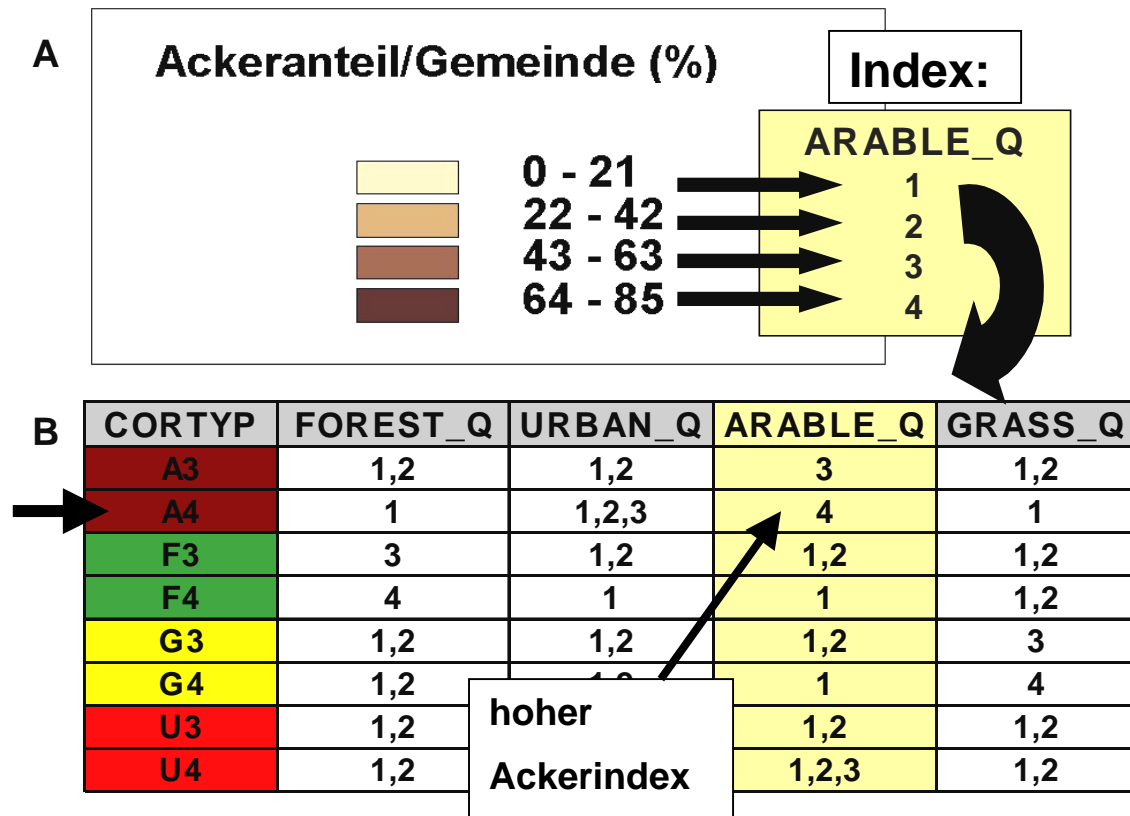


Abb. 13: Zur Definition des CORINE-Typs einer Gemeinde wurde im ersten Schritt (A) ein Index (1 - 4) für jede Hauptnutzungsart vergeben. Zum Beispiel wurde einer Gemeinde ein Ackerindex (ARABLE_Q) aufgrund ihres minimalen (Q1), kleinen (Q2), mittleren (Q3) oder großen (Q4) Ackeranteils pro Gemeinde zugeteilt. Im zweiten Schritt (B) wurden die Indices der Hauptnutzungsarten in jeder Gemeinde verglichen. Der CORINE Typ „A4“ wurde einer Gemeinde zugeteilt, wenn ihr Ackerindex größer war (ARABLE_Q = 4) als die Indices für die anderen Hauptnutzungsarten.

In einem zweiten Schritt wurden nun mit Hilfe der CORINE-Typen 14 **Zonen** eingeteilt. (Abb. 14) Diese orientierten sich an geographisch und landschaftlich unterschiedlichen Zonen in Baden-Württemberg. In den Grenzbereichen dieser Zonen erfolgte die Zuordnung einzelner Gemeinden aufgrund ihres CORINE-Typs. Die Zonen N und S, in denen während oder vor den Prävalenzstudien Praziquantel-Köder ausgelegt worden waren, wurden bei der Auswertung ausgeschlossen.

Vier Zonen (G, C, D und M) bestanden fast ausschließlich aus Gemeinden mit reinen CORINE-Typen einer Hauptnutzungsart. Der Schwarzwald (Zone G1 und G2) bestand bis auf zwei Gemeinden, die dem Mischtyp Gras / Wald angehörten, nur aus Gemeinden mit reinen Wald CORINE-Typen. Die Allgäuzone (M) bestand aus 38 Gemeinden mit reinen Gras CORINE-Typen, von den restlichen 15 Gemeinden gehörten nur 6 nicht zu einem Gras CORINE-Typ. Im Bereich der Hohenlohe (Zone C) gehörten nur drei Gemeinden keinem reinen Acker CORINE-Typ an. Im Großraum Stuttgart (Zone D) hatten etwa zwei Drittel der Gemeinden (22 von 32) einen Stadt CORINE-Typ.

Da die Auswertung der Zonen sich nur auf wenige Zonen mit einheitlichen CORINE-Typen beschränkte, wurde eine andere Möglichkeit gesucht, um mehr Daten in eine Landschaftsauswertung mit einbeziehen zu können.

Für die zweite Methode der Landschaftsauswertung war keine geografische Einteilung Grundlage, sondern Ausgangspunkt für die Einteilung der Auswertungsgebiete war nur der CORINE-Typ der Gemeinden (Abb. 15).

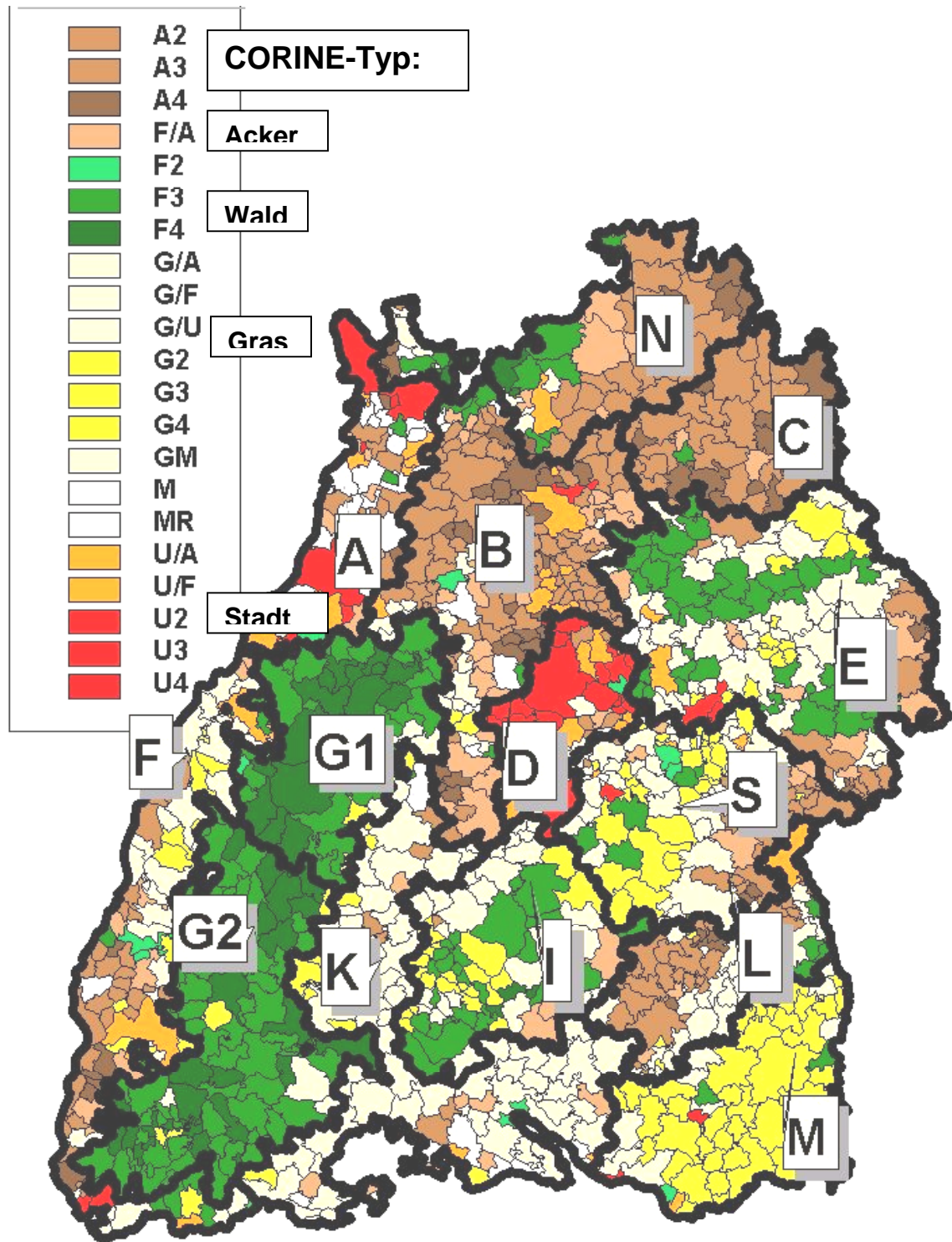


Abb. 14: Die 15 Zonen in Baden-Württemberg wurden aufgrund ihrer geografischen Lage und der landschaftlichen Unterschiede festgelegt. Gemeinden, die im Grenzbereich zwischen zwei Zonen lagen wurden aufgrund ihres CORINE-Types der Zone zugeordnet, in der dieser CORINE-Typ vorherrschte. Das Allgäu (Zone M) besteht zum Beispiel aus vielen Grasgemeinden (hellgelb und gelb). In der Hohenlohe (Zone C) gibt es fast nur Ackergemeinden (braun). Der Schwarzwald (Zone G1 und G2) wird durch die Waldgemeinden (grün) geprägt und im Großraum Stuttgart (Zone D) überwiegen die Stadtgemeinden (rot).

Bei der neuen Aufteilung umfasste ein **Gebiet** alle Gemeinden eines CORINE-Typs unabhängig von deren geographischer Lage. Die Gemeinden waren entsprechend der Hauptnutzungsart ihres CORINE-Typs fünf Gruppen zugeordnet worden. Alle Stadt CORINE-Typen (U2, U3, U4, U/A, U/F, G/U) wurden zu einem Stadtgebiet (80 Gemeinden, 2 641 km²) zusammengefasst. Alle Gras CORINE-Typen (G2, G3, G4, G/A, G/F, GM) bildeten ein Grasgebiet (394 Gemeinden, 12 958 km²). Alle Acker CORINE-Typen (A2, A3, A4, F/A) wurden zu einem Ackergebiet (340 Gemeinden, 10 337 km²) zusammengefasst. Alle Wald CORINE-Typen (F2, F3, F4) bildeten ein Waldgebiet (256 Gemeinden, 8 714 km²). Die CORINE-Typen (M, MR), die sich nicht eindeutig zu einer Hauptlandnutzungsart zuordnen ließen, wurden in einem Mischgebiet (41 Gemeinden, 1 027 km²) zusammengefasst. Die Gebiete waren nicht, wie bisher die Zonen, räumlich nebeneinander liegende, geschlossene Einheiten. Stattdessen waren sie räumlich zersplitterte Einheiten, die nur aufgrund ihrer Landnutzung zusammen gehörten.

Mit Hilfe der Jagdstatistik (2001 - 2004) wurde die durchschnittliche Zahl der erlegten Füchse pro 100 km² und Jagdjahr in den einzelnen Gebieten ermittelt. Diese Zahl wurde verdoppelt und ins Verhältnis zur Probendichte in den Gebieten bei der zweijährigen Studie 2002 / 2003 gesetzt.

Die in der Studie 1995 - 2000 mit der Darmabstrichmethode bei 2665 infizierten Füchsen festgestellte Wurmanzahl wurde auf die einzelnen CORINE-Typ Gebiete umgerechnet. Mit Hilfe des „Actus randomisation test“ (Estabrook, 1989) wurden diese Daten statistisch ausgewertet.

In den verschiedenen Jahreszeiten wurde für beide Studien die *E. multilocularis*-Prävalenz in den Gebieten berechnet. Die Daten aus der Studie 2002 / 2003 wurden in drei Datensätze für die Regionen Baden-Württembergs aufgeteilt. Im Norden, Südwesten und Südosten Baden-Württembergs wurde die Zahl der Gemeinden mit einem bestimmten CORINE-Typ ermittelt. In jeder Region wurde in den Gebieten mit den gleichen CORINE-Typen die *E. multilocularis*-Prävalenz in den verschiedenen Jahreszeiten und die Jagdstrecke ausgewertet.

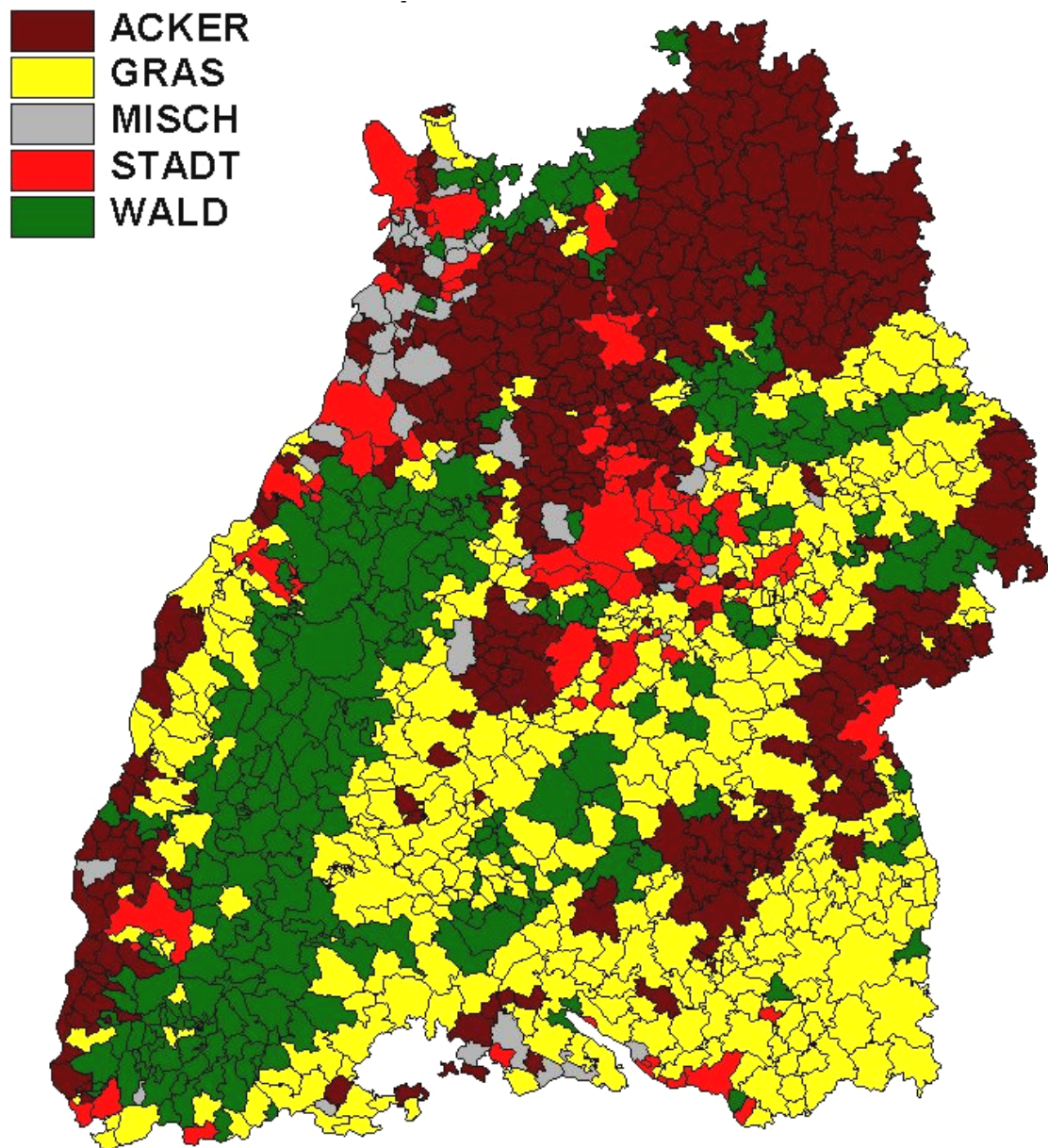


Abb. 15: Alle Gemeinden mit dem CORINE-Typ einer der vier Hauptnutzungsarten wurden zu einem Gebiet zusammengefasst. Dadurch entstanden aus räumlich verstreuten Gemeinden ein Gras-, ein Acker-, ein Wald- und ein Stadtgebiet. Die übrigen Gemeinden wurden einem Mischgebiet zugeordnet.

3. Ergebnisse

3.1. Die Prävalenz von *E. multilocularis*

Mit der Darmabstrichmethode wurden 7218 Füchse in der Studie 1995 – 2000 untersucht. Für das Untersuchungsgebiet ergab sich eine **Periodenprävalenz** von 37%. Bei den 5794 Füchsen, die in der Studie 2002 / 2003 mit dem Koproantigen-ELISA untersucht worden waren, ergab sich für ganz Baden-Württemberg eine Periodenprävalenz von 32%. Durch die Korrektur mit dem Faktor 1,515 stieg die Periodenprävalenz auf 48% an.

Bei der Studie 1995 - 2000 waren die Füchse, die mit der Darmabstrichmethode auf *E. multilocularis* untersucht wurden, vorwiegend im Norden von Baden-Württemberg erlegt worden. Die maximale absolute Anzahl von 377 erlegten Füchsen in einer Gemeinde wurde in Stuttgart erreicht. Die maximale Anzahl von 33 erlegten Füchsen pro 100 km² wurde in fünf Gemeinden erreicht.

Um die räumliche Zuordnung der Prävalenzen zu erleichtern, sind die Bezeichnungen und die räumliche Lage der baden-württembergischen Landkreise auf Abbildung 18 dargestellt. Eine hohe *E. multilocularis*-Prävalenz (> 50%) wurde in den Gemeinden der Landkreise Reutlingen, Alb-Donau-Kreis, Neckar-Odenwald-Kreis und in einzelnen Gemeinden des Rhein-Neckar-Kreises festgestellt. In den Gemeinden der Stadtkreise Mannheim, Heidelberg und Stuttgart lagen die *E. multilocularis*-Prävalenzen unter 20% (Anhang: Abb. 41).

In der Studie 2002 / 2003 wurde die maximale Anzahl von 119 Füchsen pro 100 km² in der Gemeinde Bad Schussenried im Landkreis Biberach erlegt. Insgesamt fällt auf, dass die Probendichte im direkten Umkreis der Untersuchungsämter höher war als in den übrigen Gemeinden. Die korrigierten *E. multilocularis*-Prävalenzen in den Gemeinden im südlichen Teil der Landkreise Tuttlingen und Schwarzwald-Baar sowie im Ostteil des Main-Tauber-Kreises lagen über 60%. In den Gemeinden der Kreise Stuttgart und Freiburg ergab sich eine *E. multilocularis*-Prävalenz von weniger als 30% (Anhang: Abb. 42).

KFZ	KREIS
AA	Ostalbkreis
BB	Boeblingen
BC	Biberach
BL	Zollernalbkreis
CW	Calw
EM	Emmendingen
ES	Esslingen
FDS	Freudenstadt
FN	Bodenseekreis
FR+FRS	Breisgau-Hochschwarzwald + Freiburg
GP	Goeppingen
HD+HDS	Rhein-Neckar-Kreis + Heidelberg
HDH	Heidenheim
HN+HNS	Heilbronn + Stadt
KA+KAS	Karlsruhe + Stadt
KN	Konstanz
KÜN	Hohenlohekreis
LB	Ludwigsburg
LOE	Loerrach
MOS	Neckar-Odenwald-Kreis
OG	Ortenaukreis
PF	Enzkreis + Pforzheim
RA+BAD	Rastatt + Baden-Baden
RT	Reutlingen
RV	Ravensburg
RW	Rottweil
S	Stuttgart
SHA	Schwaebisch-Hall
SIG	Sigmaringen
TBB	Main-Tauber-Kreis
TUE	Tuebingen
TUT	Tuttlingen
UL+ULS	Alb-Donau-Kreis+Ulm
VS	Schwarzwald-Baar-Kreis
WN	Rems-Murr-Kreis
WT	Waldshut

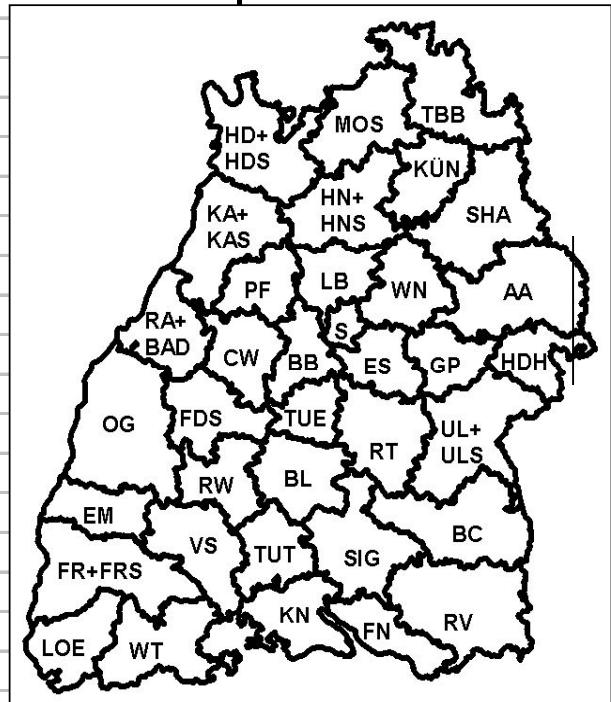
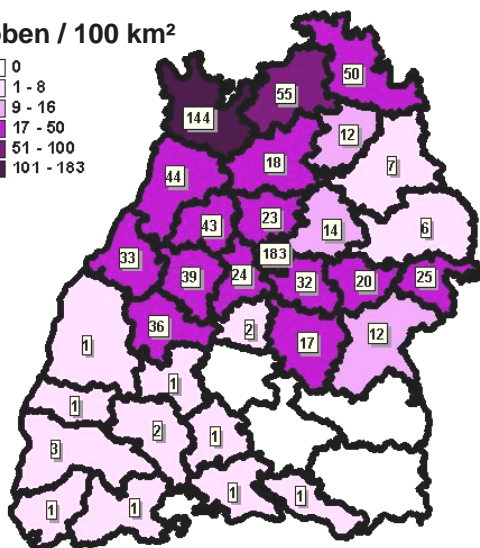
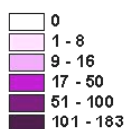


Abb.18: Kfz-Kennzeichen, Bezeichnung und geographische Lage der baden-württembergischen Landkreise (Stadtkreise wurden dem angrenzenden Landkreis zugeordnet.)

Studie 1995 - 2000

Proben / 100 km²



E. multilocularis

Prävalenz (%)

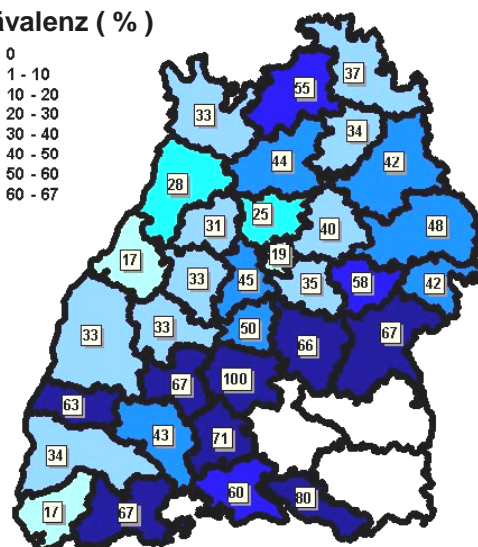
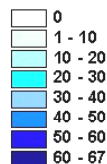
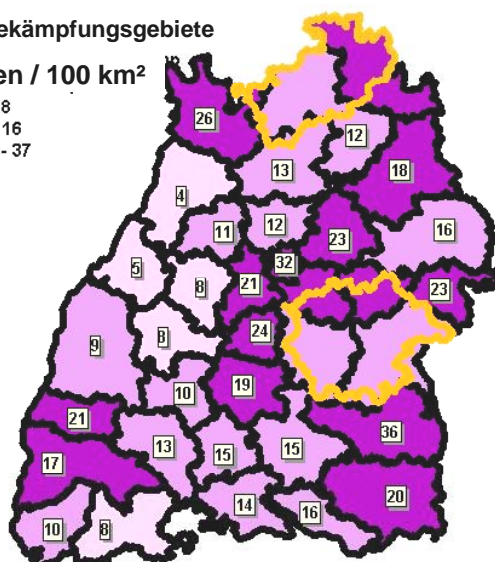
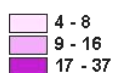


Abb. 16: Probendichte (Proben / 100 km²) und *E. multilocularis*-Prävalenz (%) bei Füchsen (n = 7218) in Baden-Württemberg auf Landkreisebene, aus der Studie 1995 – 2000 (Methode: Darmabstrich).

Studie 2002 / 2003

□ Bekämpfungsgebiete

Proben / 100 km²



E. multilocularis

Prävalenz (%)

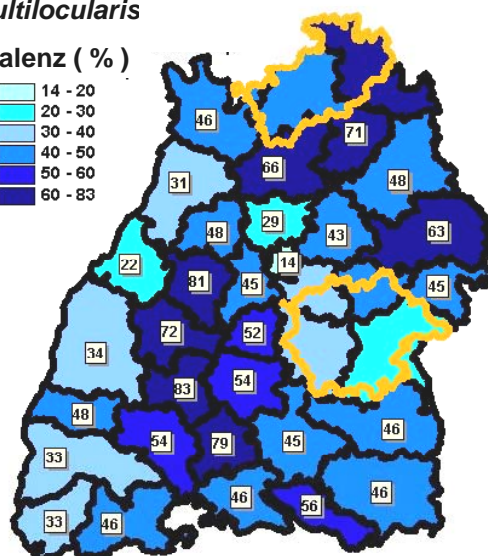
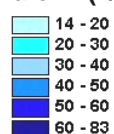


Abb. 17: Probendichte (Proben / 100 km²) und korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz (%) bei Füchsen (n = 5794) auf Landkreisebene in Baden-Württemberg aus der Studie 2002 / 2003 (Methode: Koproantigen-ELISA).

Erlegeort	1995 - 2000: Darmabstrichmethode				2002 / 2003: Koproantigen- ELISA			
KFZ	n	Prävalenz (%)	95% CI- (%)	95% CI+ (%)	n	korrr.Prävalenz (%)	95% CI- (%)	95% CI+ (%)
AA	92	48	37	58	241	63	57	69
BB	148	45	36	53	129	45	37	54
BC	0	-	-	-	510	46	42	50
BL	3	100	29	100	170	54	46	61
CW	306	33	27	38	67	81	71	89
EM	8	63	24	91	139	48	40	56
ES	207	35	28	42	186	36	29	43
FDS	311	33	28	38	72	72	60	81
FN	5	80	28	99	103	56	46	65
FR+FRS	47	34	21	49	256	33	27	39
GP	130	58	49	66	235	43	37	50
HD+HDS	1885	33	31	35	340	46	41	51
HDH	157	42	34	50	141	45	37	53
HN+HNS	210	44	37	51	151	66	58	73
KA+KAS	558	28	25	32	49	31	20	45
KN	5	60	15	95	120	46	38	55
KUEN	92	34	24	44	96	71	62	80
LB	157	25	18	32	80	29	20	40
LOE	6	17	0	64	78	33	23	44
MOS	621	55	51	59	169	50	43	57
OG	12	33	10	65	163	34	27	42
PF+PFS	288	31	26	37	72	48	37	59
RA+BAD	289	17	13	22	42	22	12	37
RT	188	66	59	73	125	35	27	43
RV	0	-	-	-	328	46	41	51
RW	6	67	22	96	75	83	74	90
S	377	19	15	24	66	14	8	24
SHA	109	42	33	52	263	48	42	54
SIG	0	-	-	-	182	45	38	52
TBB	650	37	33	41	305	62	57	67
TUE	10	50	19	81	126	52	43	61
TUT	7	71	29	96	107	79	71	86
UL+ULS	177	67	59	74	195	26	20	32
VS	21	43	22	66	132	54	46	62
WN	124	40	32	50	196	43	36	50
WT	12	67	35	90	85	46	36	57

Tab. 4: *E. multilocularis*-Prävalenz (%) mit Konfidenzintervall (95% CI) in den Landkreisen in Baden-Württemberg und Zahl der erlegten Füchse (n = 7218, bzw. 5794) aus den Studien 1995 – 2000 (Darmabstrichmethode) bzw. 2002 / 2003 (Koproantigen-ELISA).

Die Untersuchungsdichte auf **Landkreisebene** war bei der Studie 1995 – 2000 im Norden Baden-Württembergs am höchsten. Die Landkreise mit mindestens 8 Proben pro 100 km² lagen ausschließlich in dieser Region. Bei der Prävalenz- auswertung wurden Hochprävalenzgebiete (66 - 67%) im Alb-Donau-Kreis und in den Kreisen Ulm und Reutlingen gefunden. Im Neckar-Odenwald-Kreis war die Prävalenz mit 55% deutlich höher als in den umliegenden Landkreisen. Zu den Kreisen mit einer Prävalenz von weniger als 30% zählten Stuttgart und die im Rheintal gelegenen Kreise (Abb. 16, Tab. 4).

Bei der Studie 2002 / 2003 lag die Probenzahl nur in den Kreisen Rastatt, Baden-Baden und Karlsruhe unter 8 Proben pro 100 km². Die mit dem Faktor 1,515 nach oben korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz erreichte in den Kreisen Calw, Freudenstadt, Rottweil, Tuttlingen und im Hohenlohe-Kreis über 70%. In Heilbronn lag sie zwischen 60 und 70% und im Kreis Stuttgart wurde mit 14% die niedrigste *E. multilocularis*-Prävalenz in ganz Baden-Württemberg ermittelt (Abb. 17, Tab. 4).

Studie 1995 – 2000:

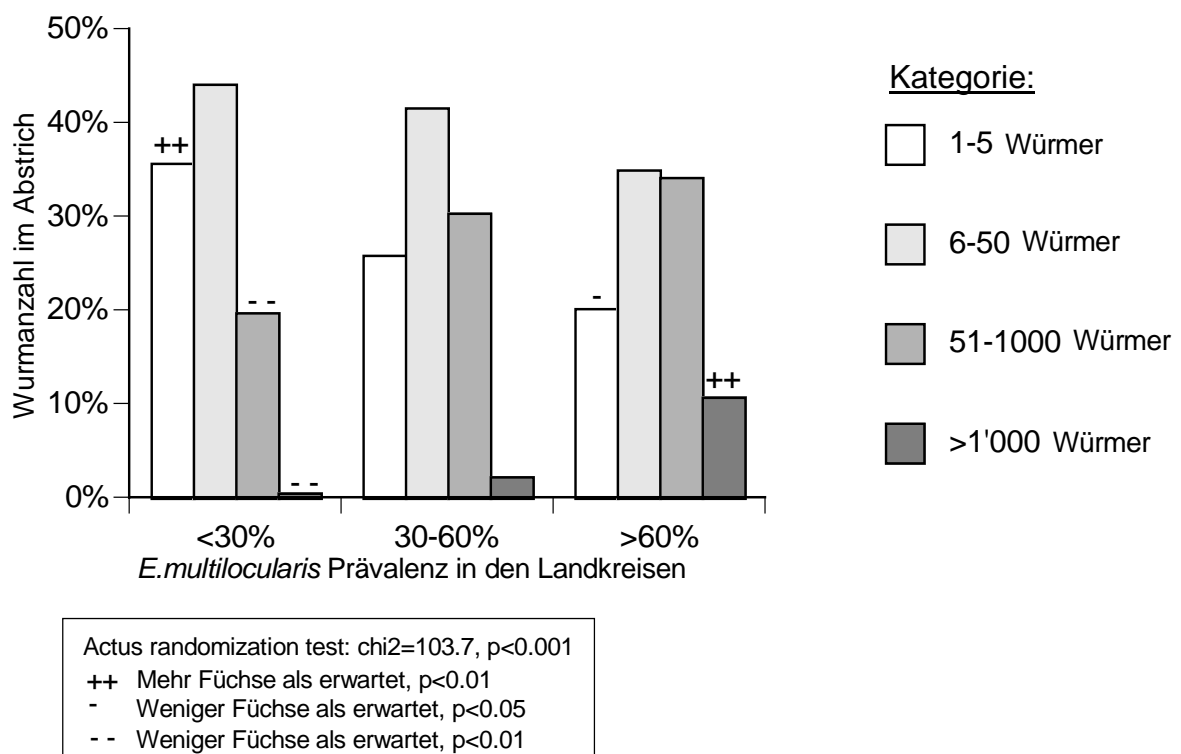


Abb. 19: Verteilung der *E. multilocularis* Wurmanzahl im Darmabstrich von Füchsen ($n = 7218$, davon 2665 infiziert) in Landkreisen in Baden-Württemberg mit niedriger (< 30%), mittlerer (30 - 60%) und hoher (> 60%) *E. multilocularis*-Prävalenz (Studie 1995 – 2000). Die Füchse waren aufgrund ihrer Befallsintensität vier Kategorien zugeordnet worden.

Um die Verteilung der Befallsintensitäten von *E. multilocularis* bei Füchsen in Landkreisen mit unterschiedlich hohen Prävalenzleveln vergleichen zu können, waren die Landkreise in drei Prävalenzgruppen eingeteilt worden. Ergebnis war, dass in den Landkreisen mit niedriger *E. multilocularis*-Prävalenz (> 30%) der Anteil der Füchse mit weniger als 6 Würmern (CH 1) mit 35% signifikant höher war

als erwartet. Der Anteil der Füchse mit mehr als 51 Würmern (CH3, CH4) war in diesen Landkreisen signifikant niedriger als erwartet. In den Landkreisen Reutlingen, Alb-Donau-Kreis und Ulm mit der sehr hohen *E. multilocularis*-Prävalenz von über 60% war der Anteil der Füchse mit einer Wurmanzahl von mehr als 1000 Würmern (CH 4) mit 11% signifikant höher als erwartet. Der Anteil der Füchse mit weniger als 6 Würmern (CH1) war signifikant niedriger als erwartet. Insgesamt wurde in diesen Landkreisen eine Abstufung festgestellt, bei der der Anteil der Füchse mit wenig Würmern im Abstrich kleiner war als der Anteil der Füchse mit einer hohen Infektionsdosis. Allerdings galt dies nicht für die erste Kategorie mit weniger als 6 Würmern (CH1). Zu dieser Kategorie gehörte ein verhältnismäßig kleiner Anteil der Füchse (Abb. 19).

Die durchschnittliche *E. multilocularis*-Wurmanzahl im Abstrich war in den Landkreisen mit einer Prävalenz von < 30% geringer als in den Landkreisen mit einer hohen Prävalenz > 60%. Sie stieg in den Landkreisen parallel zur *E. multilocularis*-Prävalenz an (Tab. 5).

Landkreise*	infizierte Füchse	<i>E. multilocularis</i> Prävalenz	mittlere <i>E. multilocularis</i> Anzahl im Abstrich	Gesamtzahl Würmer im Abstrich*
Gruppe 1	366	bis 30%	41	15 165
Gruppe 2	1996	30- 60%	83	166 530
Gruppe 3	243	> 60%	210	51 028
	2605			232 723

* 60 Proben aus Landkreisen, mit einer Gesamtprobenzahl < 30, wurden nicht in die Auswertung einbezogen

Tab. 5: Aufgrund ihrer *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen (n = 7089, davon 2605 infiziert) in der Studie 1995 - 2000 wurden die Erlege-Landkreise in Baden-Württemberg drei Gruppen zugeteilt. In jeder Gruppe wurde die Gesamtanzahl der bei den Füchsen im Darmabstrich gezählten Würmer berechnet. Weiterhin wurde der Durchschnitt der ausgezählten *E. multilocularis*-Exemplare (bis 1000) im Darmabstrich eines Fuchses für jede Landkreisgruppe ermittelt.

Für die **Region Nord-Baden-Württemberg** ergab sich bei der Studie 1995 - 2000 eine signifikant niedrigere *E. multilocularis* **Periodenprävalenz** (32%, n = 5103) als für Süd-Baden-Württemberg (47%, n = 142).

Die *E. multilocularis*-Prävalenzunterschiede in den Regionen bei der Studie 2002 / 2003 waren nicht signifikant. Die Periodenprävalenz lag im Norden bei 50% (n = 2005), im Südwesten bei 47% (n = 1035) und im Südosten bei 48% (n = 1539).

Die 6628 Daten aus der Studie 1995 - 2000 bei denen ein Erlegedatum angegeben war, wurden für die **jahreszeitliche Auswertung** verwendet. Fast 70% der Füchse wurden im Winter erlegt. Bei der Aufteilung der Datensätze auf die Sommer und Winter der einzelnen Jahre, fiel auf, dass die *E. multilocularis*-Prävalenz im Sommer 1995 mit 56% deutlich über der Prävalenz in den anderen Sommern lag (Anhang: Abb. 43). Nur in dieser Zeit war ein großer Teil der Daten in den hochendemischen Landkreisen der Schwäbischen Alb erhoben worden, bevor dort ein Bekämpfungsprojekt begann. Aus diesem Grund wurde der Sommer 1995 bei der jahreszeitlichen Auswertung nicht berücksichtigt. Insgesamt ergab sich für die Studie 1995 – 2000 im Winter eine signifikant höhere *E. multilocularis*-Prävalenz von 38% als im Sommer (30%).

Von den in der Studie 2002 / 2003 untersuchten 3887 Füchsen, bei denen ein Erlegedatum angegeben war, wurden 80% im Winter erlegt. Sowohl bei dem Vergleich der unkorrigierten *E. multilocularis*-Prävalenz als auch bei dem Vergleich der korrigierten *E. multilocularis*-Prävalenz war diese im Winter signifikant höher als im Sommer. Die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz lag im Winterhalbjahr bei 53% (CI 95%: 51 - 55%) und im Sommerhalbjahr bei 40% (CI 95%: 37 - 44%) (Abb. 20). Wenn man die Zeiträume für die einzelnen Jahre getrennt betrachtet, fällt auf, dass der jahreszeitliche Prävalenzunterschied nur zwischen dem Winter 2002 / 2003 (37%, korr. 56%) und den Sommern 2001 - 2003 besteht. Im Winter 2001 / 2002 gab es keinen signifikanten Prävalenzunterschied im Vergleich zum Sommer (Anhang: Abb. 44).

In der **Region** Nord-Baden-Württemberg ergab sich für die Studie 1995 – 2000 bei dem Vergleich der *E. multilocularis*-Prävalenz mit 34% (95% CI: 32 - 35%) im Winter eine signifikant höhere Prävalenz als mit 28% (95% CI: 25 - 30%) im Sommer.

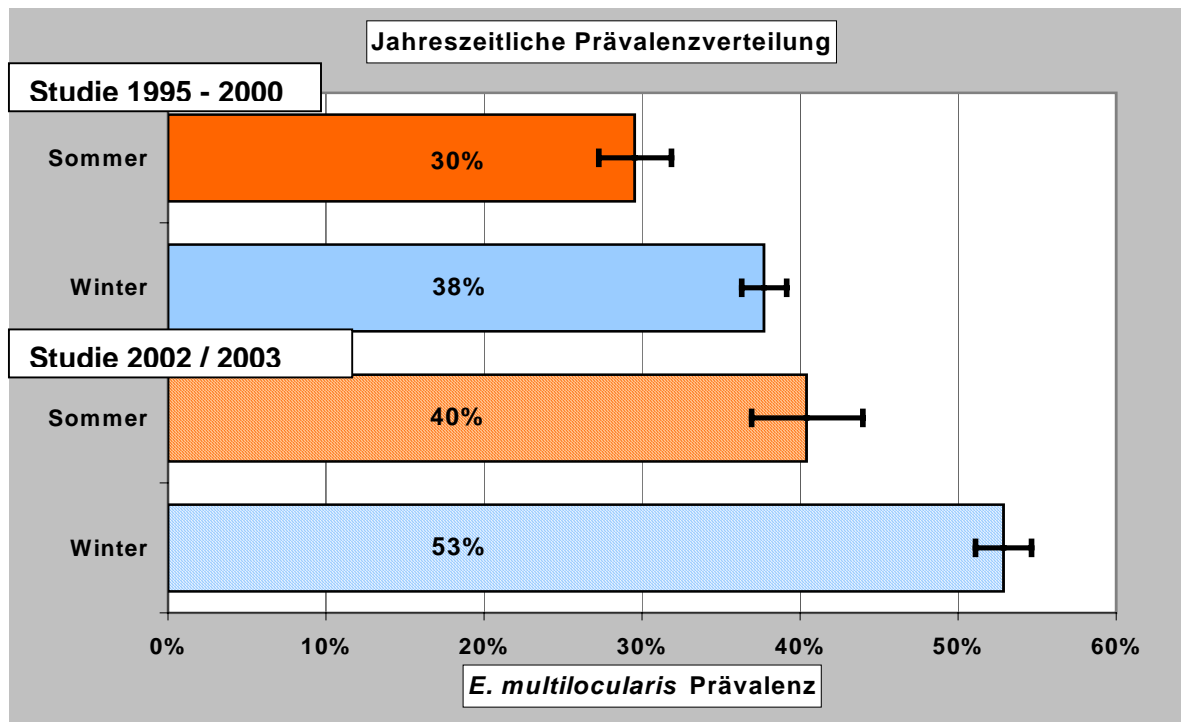


Abb. 20: Jahreszeitliche Verteilung der (korrigierten) *E. multilocularis*-Prävalenz (%) bei Füchsen in Baden-Württemberg in der Studie 1995 – 2000 (Darmabstrichmethode: n = 6130) und der Studie 2002 / 2003 (Koproantigen-ELISA: n = 3887). Auf Grund des Erlegedatums der Füchse wurden die Daten dem Sommer- (01.04.-30.09) oder Winterhalbjahr (01.10.-31.03) zugeordnet.

Bei der Studie 2002 / 2003 ergab sich für die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz das gleiche Bild. In Nord-Baden-Württemberg lag sie mit 55% (95% CI: 52 - 58%) im Winter signifikant höher als im Sommer mit 39% (95% CI: 32 - 46%). Für die Regionen Südwest- und Südost-Baden-Württemberg ließ sich dieser Prävalenzunterschied im jahreszeitlichen Vergleich auch erkennen.

Bei der Auswertung der Jagdstrecke in den verschiedenen Regionen wurden ermittelt, dass im Norden 224 Füchse pro 100 km² und im Südwesten 218 Füchse pro 100 km² erlegt worden waren. Für den Südosten Baden-Württembergs ergab sich mit 272 Füchsen pro 100 km² die höchste Jagdstrecke. Dabei wurden in den beiden Landkreisen, Ravensburg und Bodensee-Kreis, besonders viele Füchse (330 pro 100 km²) erlegt. Diese beiden Landkreise sind durch die für das Allgäu typische Graslandschaft geprägt.

3.2. Validierung der CORINE-Karte durch Kartierung

Durch die Kartierung der verschiedenen Landnutzungsflächen in der Gemeinde Römerstein auf der Schwäbischen Alb im Sommer und Herbst 2004, wurde die CORINE-Landnutzungskarte am Beispiel dieser Gemeinde validiert. Auf Grundlage einer topographischen Karte entstand durch die Eintragung der Grenzen von Wiesen-, Acker-, Wald- und Siedlungsflächen eine Landnutzungskarte. Auf dieser Karte gab es kaum große zusammenhängende Flächen mit der gleichen Landnutzung. Stattdessen zeigte sie ein Nebeneinander von kleineren Wiesen, Äckern, Waldstücken und Hecken (Anhang: Abb. 45). Die erstellte Landnutzungskarte, eine Vektorkarte, wurde in eine Rasterkarte mit 727 Pixeln umgewandelt. Erst dadurch wurde der Vergleich mit der CORINE-Karte, die als Rasterkarte vorlag, möglich. Bei dem Vergleich der Rasterkarten ergab sich insgesamt eine Übereinstimmung der CORINE-Landnutzungsklassen mit der tatsächlichen Landnutzung von 65%. Dabei gab es große Unterschiede zwischen den Übereinstimmungen der einzelnen CORINE-Klassen (CCL) mit den Landnutzungskategorien in Römerstein. Bei der Stadtklasse CCL 2 ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung von 83% mit den kartierten Pixeln der Siedlungsfläche. Dagegen ergab sich für die Grasklasse CCL 18 nur eine Übereinstimmung von 38% (Tab. 6). Die detaillierte Ergebnisse der Auswertung des Rastervergleichs sind im Anhang aufgeführt (Anhang: Tab. 9 und 10).

CORINE-Klasse	Übereinstimmung
STADT: 2	83%
ACKER: 12	58%
WIESE: 18	38%
MIX: 20	81%
WALD: 23,24,25	62%
EXT. GRAS: 26	80%
GESAMT	65%

Tab. 6: Bei einem Vergleich der Rasterkarten mit dem Programm ARC VIEW ermittelte Übereinstimmung (%) der Fläche der Landnutzungsklassen auf der CORINE-Karte mit der durch eine Kartierung im Sommer und Herbst 2004 ermittelten, tatsächlichen Landnutzung in der Gemeinde Römerstein, Baden-Württemberg.

Beim Vergleich der Vektorkarten nahmen die übereinstimmenden Flächen wie beim Vergleich der Rasterkarten insgesamt einen Anteil von 65% ein.

Bei einer 100-prozentigen Übereinstimmung hätten alle Grasflächen auf der CORINE-Karte durch die Grasklasse dargestellt werden müssen. Stattdessen wurde bei der Kartierung nur ein tatsächlicher Grasanteil der Grasklasse von 41% ermittelt (Abb. 21). Da Gras- und Wiesenflächen gut geeignete Habitate für die Zwischenwirte von *E. multilocularis* sind, wurde berechnet, wie hoch deren Anteil in den einzelnen CORINE-Landnutzungsklassen war. In der Stadtklasse lag der **Grasanteil** bei 6% und in der Acker- und Waldklasse jeweils bei 23%. Die Mischklasse bestand zu 40% aus Grasflächen.

Landnutzung:	Grasanteil (%)	(Gras Pixel / Gesamtpixel)
Stadtklasse	6%	(1/18)
Ackerklasse	23%	(40/176)
Waldklasse	23%	(48/208)
Mischklasse	40%	(93/242)
Grasklasse	41%	(34/83)

Abb. 21: Bei der Kartierung der Gemeinde Römerstein, Baden-Württemberg, im Herbst 2004 ergab sich, dass die ein Teil der Grasflächen auf der CORINE-Karte (CCL 18, 26) fälschlicherweise durch andere Landnutzungsklassen dargestellt wurden. Für Römerstein wird der Anteil dieser Graspixel an der Zahl der Gesamtpixel einer Landnutzungsart auf der CORINE-Karte als Grasanteil (%) dargestellt.

Die **Mischklasse (CCL 20)** („*complex cultivation*“) ist laut Definition ein „Nebeneinander von mehrjährigen Äckern und Wiesen sowie von kleinen Ackerflächen, die einer Fruchtfolge unterliegen“. Bei der Kartierung der Gemeinde Römerstein hatte diese Mischklasse einen Anteil von 33% der gesamten Gemeindefläche. Es ergab sich eine Zusammensetzung der Mischklasse (CCL 20) aus 40% Wiesen, Weiden und Brachland (96 Pixel) und 33% Acker- und Futterflächen (79 Pixel). Der restliche Anteil entsprach nicht den als Mischklasse definierten Flächen. Stattdessen bestand er aus 20% Wald und Hecken (49 Pixel) und 7% Siedlungsfläche (18 Pixel) (Abb. 22).

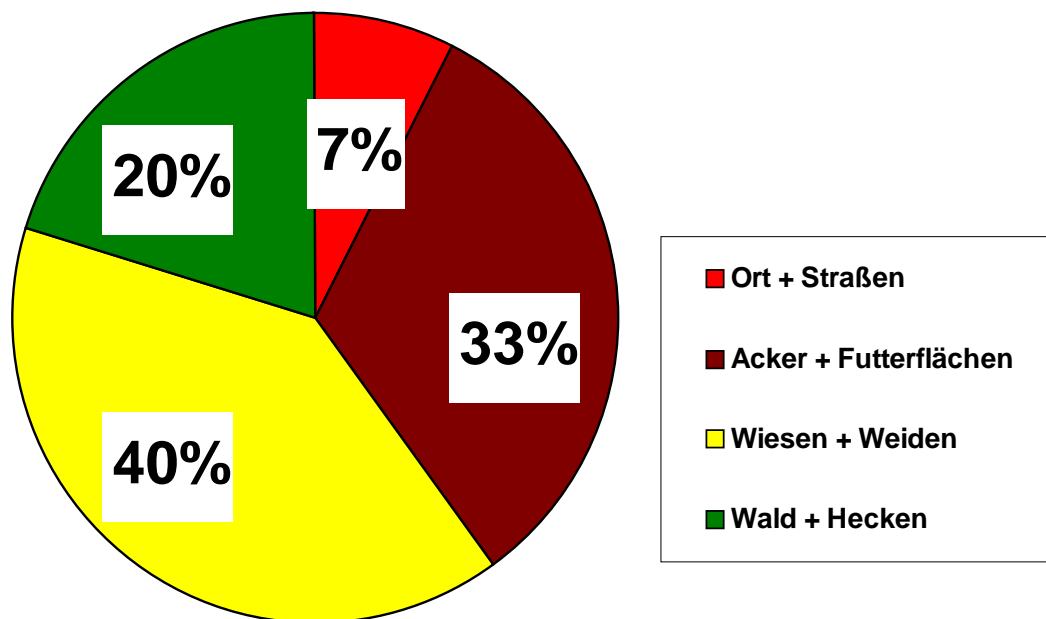
Aufteilung der Mischklasse 20

Abb. 22: Bei der Kartierung 2004 ermittelte Zusammensetzung der kleinflächig aufgegliederten CORINE-Mischklasse (CCL 20) in der Gemeinde Römerstein, Baden-Württemberg. Diese Klasse bestand dort aus Siedlungsflächen (rot), Acker- und Futterflächen (braun), Wiesen und Weiden (gelb) sowie Wald- und Hecken (grün).

Um die **Proportionen der verschiedenen Landnutzungsanteile** zu vergleichen, wurde die aus der CORINE-Karte ablesbare Landnutzungszusammensetzung der in Römerstein festgestellten Zusammensetzung gegenüber gestellt. Dabei war die tatsächlich vorhandene Siedlungsfläche in Römerstein mit 8% wesentlich größer, als die auf der CORINE-Karte angegebene Fläche von 3%. Der tatsächliche Ackeranteil war mit 31% ebenfalls deutlich größer als der Anteil auf der CORINE-Karte mit 24%. Weiterhin war der tatsächlich vorhandene Grasanteil (CCL 18, CCL 26) in Römerstein mit 30% wesentlich größer als auf der CORINE-Karte mit 12%.

Die Mischklasse 20 wurde durch ihre Zusammensetzung in Römerstein, die bei der Kartierung ermittelt worden war, ersetzt. Beim erneuten Vergleich der Proportionen nach dieser Substitution war der Grasanteil in Römerstein mit 30% immer noch größer als der ergänzte Grasanteil auf der CORINE-Karte, der nun 25% ausmachte (Abb. 23).

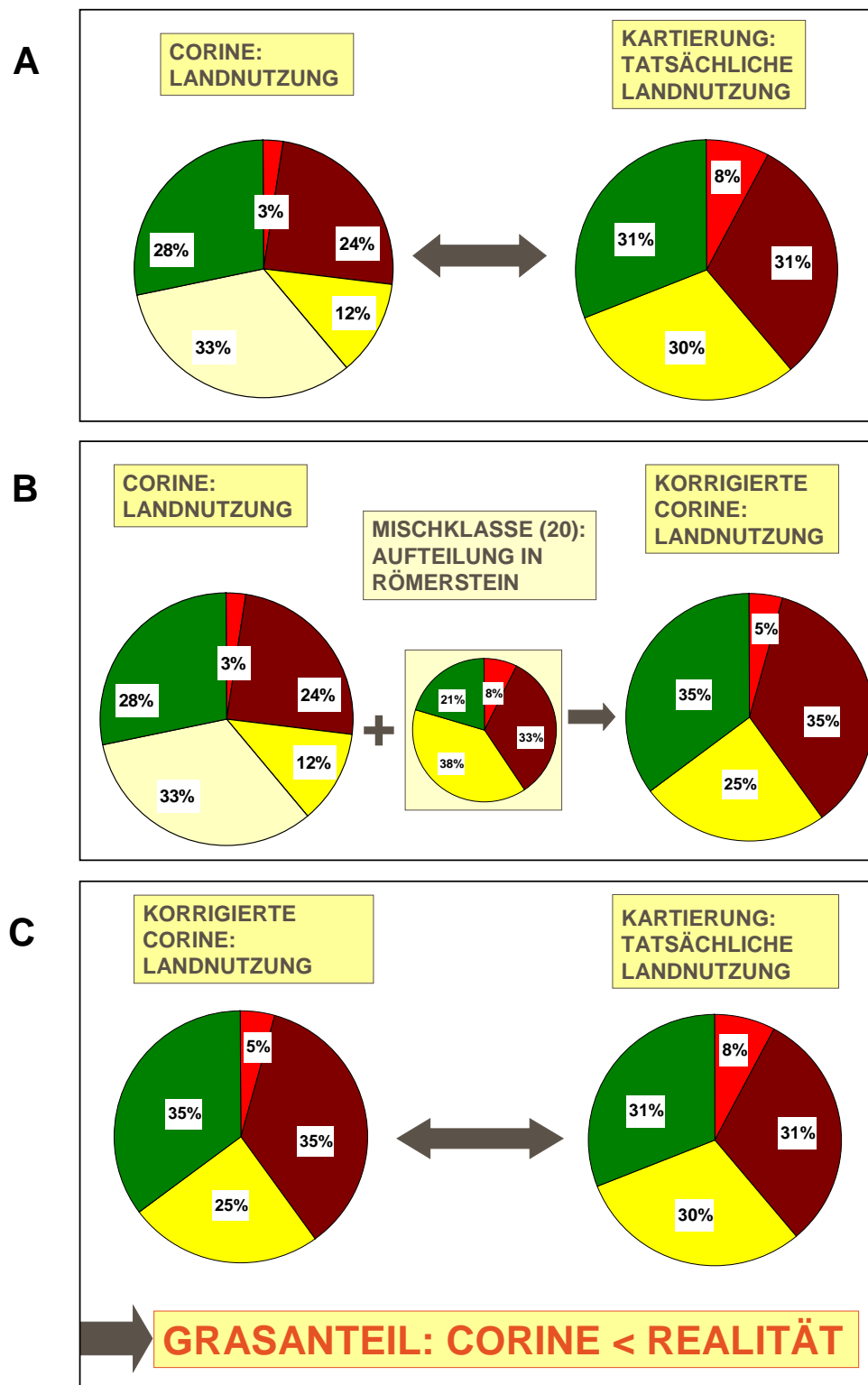


Abb. 23: Die Anteile der Hauptnutzungsarten (Gras: gelb, Acker: braun, Wald: grün, Stadt: rot) auf der CORINE-Karte wurden mit denen der tatsächlichen Landnutzung in der Gemeinde Römerstein, Baden-Württemberg, verglichen (A). Die Landnutzungs-Anteile in Römerstein waren 2004 bei einer Kartierung festgestellt worden. Der Anteil der Mischklasse 20 (beige) auf der CORINE-Karte wurde durch deren in Römerstein festgestellte Zusammensetzung ersetzt (B). Mit der so korrigierten CORINE-Landnutzungsaufteilung wurde ein zweiter Vergleich der Landnutzungs-Anteile durchgeführt (C).

3.3. Bedeutung der Eignung als Nagerhabitat

Die Habitateignung ist ein wichtiger Faktor für die Entwicklung der Population der Zwischenwirte von *E. multilocularis*. Für die Erstellung der Indexkarten war den Landnutzungsarten eine gute oder schlechte Eignung als Lebensraum für Nager zugeordnet worden. Durch die Bestimmung der Flächenanteile der Landnutzungsarten in einer Gemeinde entstand die abgebildete Eignungskarte.

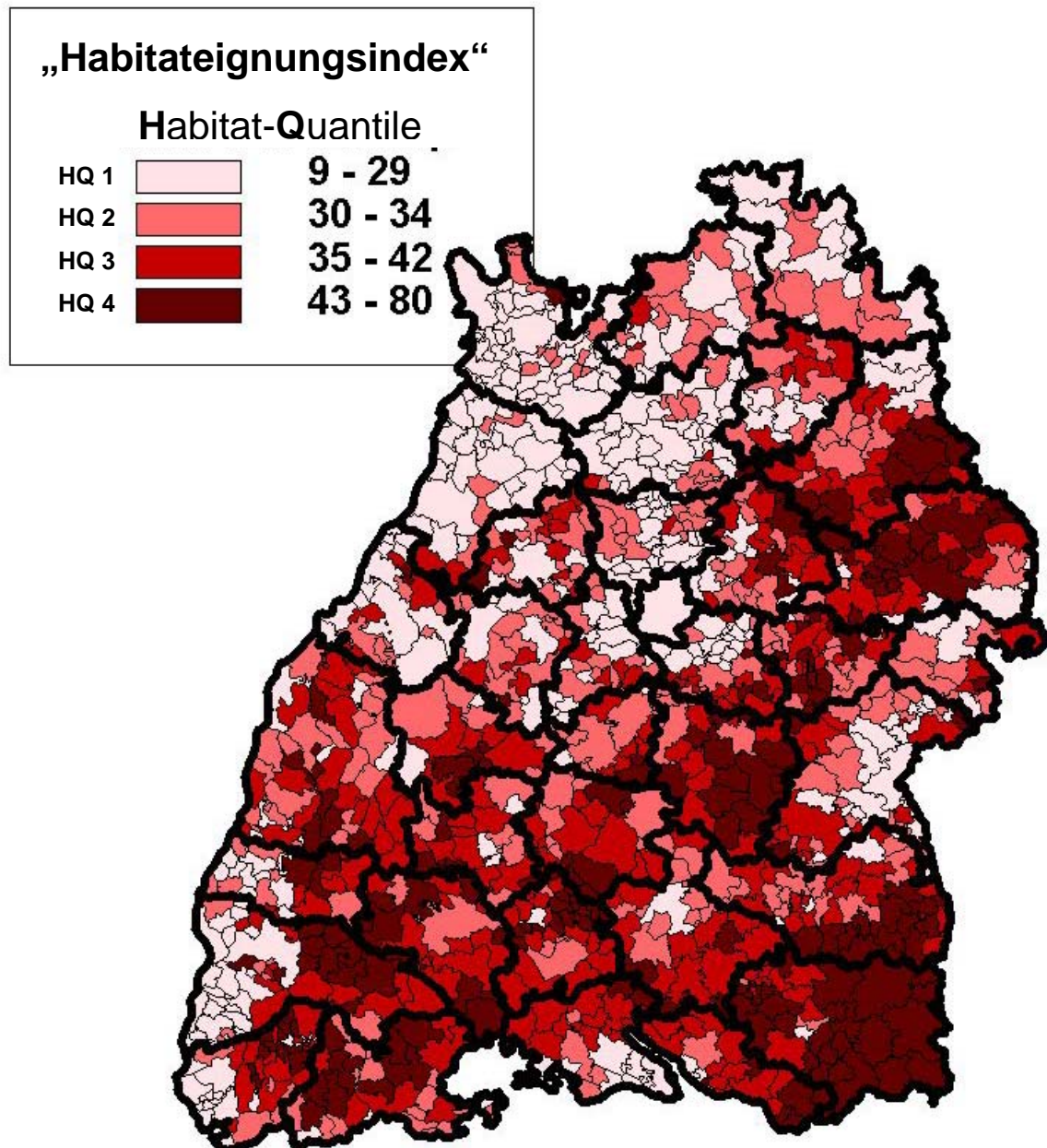


Abb. 24: Die Eignungskarte auf Gemeindeebene stellt die Eignung jeder Gemeinde in Baden-Württemberg als Lebensraum für Nager dar. Ein hoher Habitateignungs-Index (**Habitat-Quantil 4**, dunkelrot) steht für eine besonders gute Eignung als Lebensraum für Nager, ein niedriger Index (HQ 1, hellrosa) für eine besonders schlechte Eignung.

Um die Staffelung der sich ergebenden „Habitateignungsindices“ (9 – 80) einfacher darzustellen, wurden vier Klassen (**Habitat-Quantile**) gebildet (Abb. 24). Bei der weiteren Auswertung wurden nur die unterste Klasse mit der schlechtesten und die oberste Klasse mit der besten Eignung als Habitat für die Zwischenwirte betrachtet. Für diese beiden Klassen waren in der Prävalenzauswertung signifikante Unterschiede erkennbar.

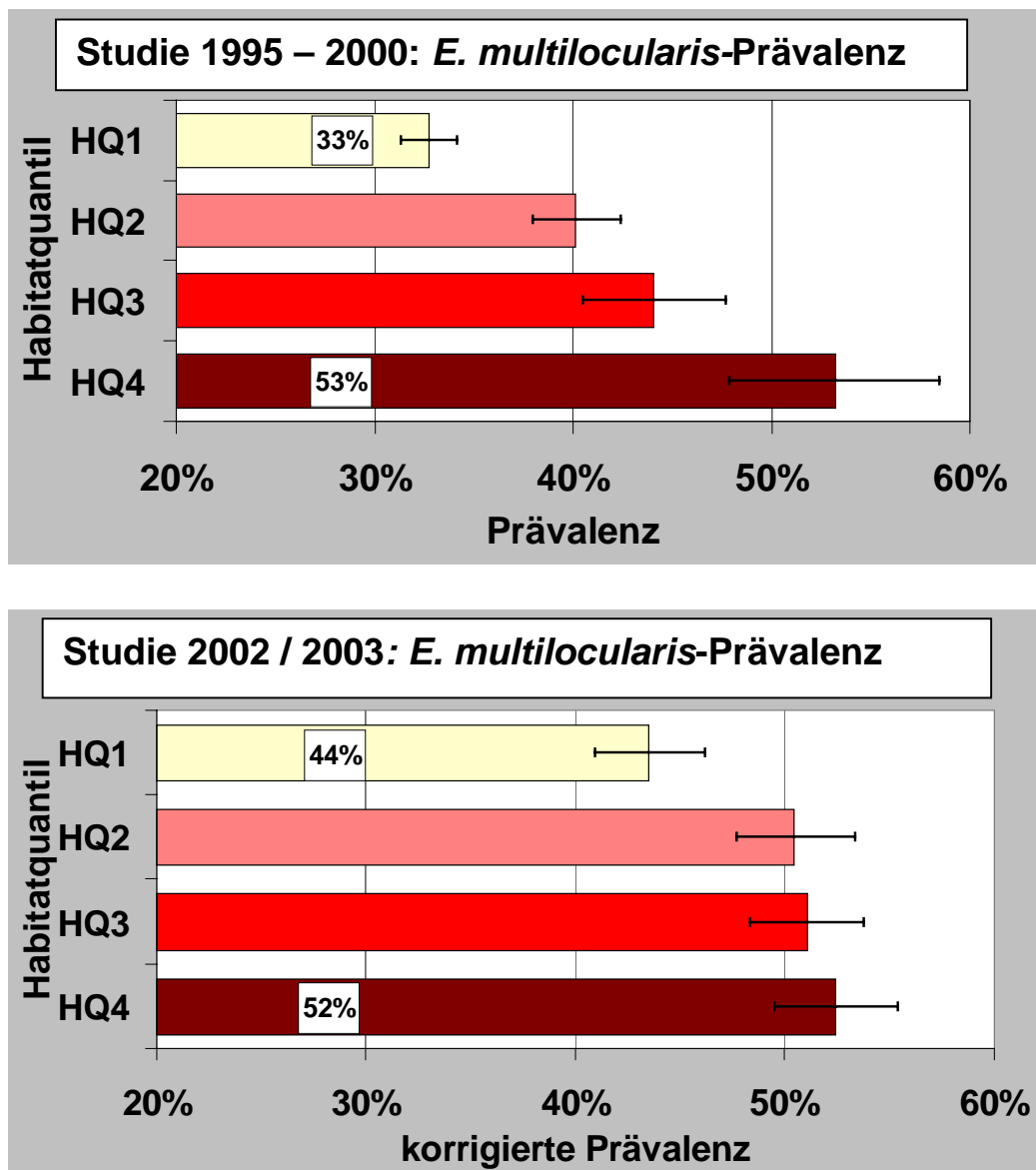


Abb. 25: *E. multilocularis*-Prävalenz mit Konfidenzintervall bei Füchsen in Baden-Württemberg in Gemeinden mit einer unterschiedlich guten Eignung als Nagerhabitat (HQ1 - HQ4) in der Studie 1995 – 2000 (n = 7218, Darmabstrichmethode) und 2002 / 2003 (n = 5016, Koproantigen-ELISA).

Bei den Proben aus der Studie 1995 – 2000 war die *E. multilocularis*-Prävalenz in den Gemeinden mit einer schlechten Habitateignung (HQ1) mit 33% signifikant niedriger als in den Gemeinden mit einer sehr guten Habitateignung (HQ4) mit 53%.

Dasselbe Bild ergab sich bei den Proben aus der Studie 2002 / 2003. Die mit dem Faktor 1,515 korrigierte Prävalenz war in den Gemeinden mit einer schlechten Habitateignung (HQ1) mit 44% signifikant niedriger als in den Gemeinden mit einer sehr guten Habitateignung (HQ4) mit 52% (Abb. 25).

Bei der Auswertung des „Römersteinindex“, der durch die Korrektur der Habitateignung nach der Kartierung der Gemeinde Römerstein entstanden war, ergaben sich in den Gemeinden Werte von 2451 bis 6964 als Grundlage für die vier Klassen (**H**abitat-**R**ömerstein-**Q**uantile) (Abb. 26).



Abb. 26: Die Legende des „Römersteinindex“ wurde in vier Klassen (**H**abitat-**R**ömerstein-**Q**uantile) eingeteilt. Bei der Auswertung wurde nur die unterste Klasse mit der schlechtesten Habitateignung (HRQ1) und die oberste Klasse mit der besten Habitateignung (HRQ4) berücksichtigt.

Die *E. multilocularis*-Prävalenz lag bei den Proben aus der Studie 1995 - 2000 in den Gemeinden mit einer schlechten Habitateignung (HRQ1) mit 26% signifikant niedriger als mit 52% in den Gemeinden mit einer sehr guten Habitateignung (HRQ4).

Bei den Proben aus der Studie 2002 / 2003 lag die *E. multilocularis*-Prävalenz in den Gemeinden mit einer schlechten Habitateignung (HRQ1) mit 39% ebenfalls signifikant niedriger als in den Gemeinden mit einer sehr guten Habitateignung (HRQ4) mit 53% (Abb. 27).

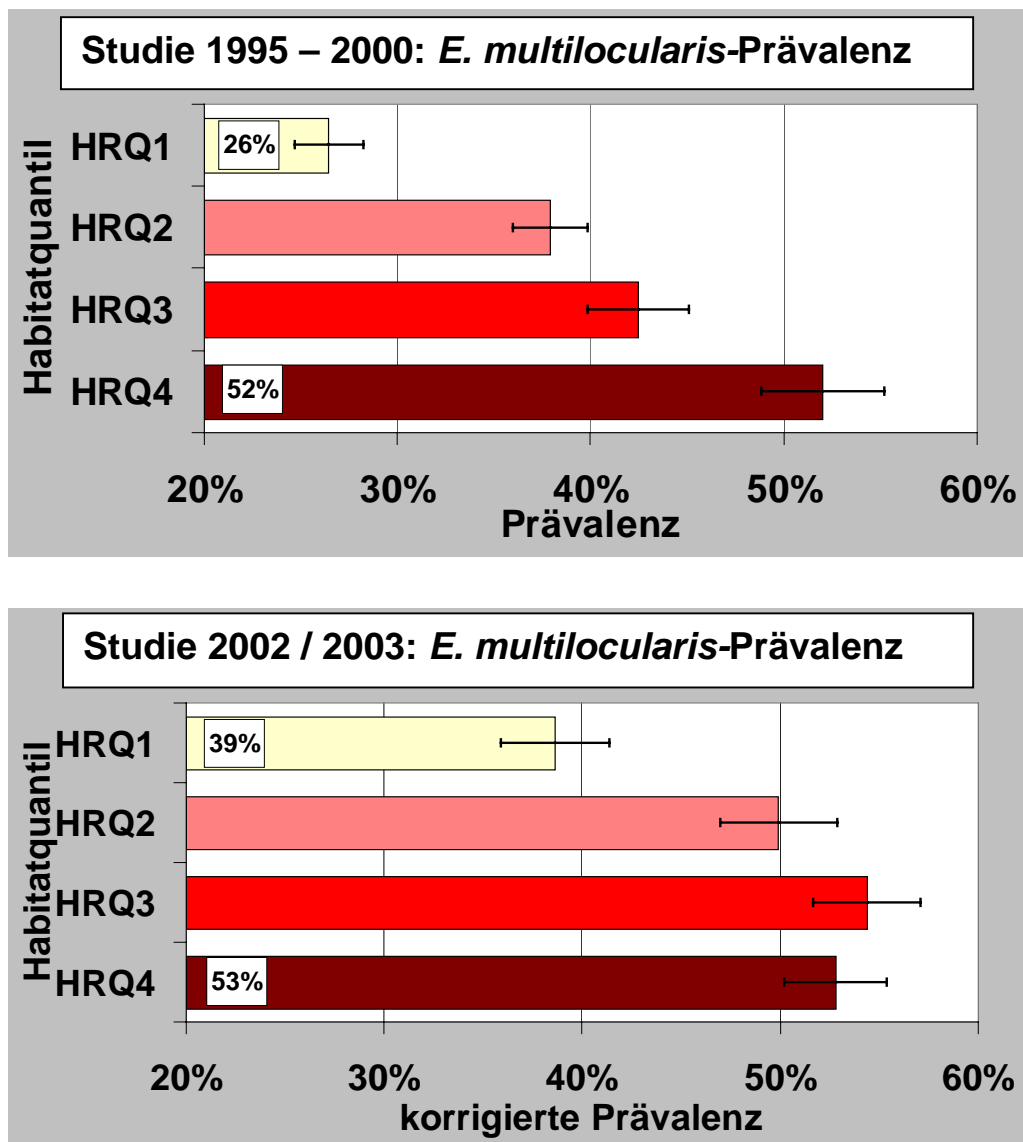


Abb. 27: *E. multilocularis*-Prävalenz mit Konfidenzintervall bei Füchsen in Baden-Württemberg in Gemeinden mit einer unterschiedlich guten Eignung als Nagerhabitat (**Habitat-Römerstein-Quantile** 1 - 4) in der Studie 1995 – 2000 (n = 7218, Darmabstrichmethode) und 2002 / 2003 (n = 5016, Koproantigen-ELISA). Die zugrunde liegende Eignungskarte war, aufgrund der Daten, die bei der Kartierung der Gemeinde Römerstein, Baden-Württemberg, 2004 gewonnen worden waren, korrigiert worden.

In den verschiedenen **Regionen** Baden-Württembergs war die Zahl der Gemeinden, die besonders schlecht als Habitat für Nager geeignet waren, sehr unterschiedlich. Im Norden hatten 41% aller Gemeinden einen niedrigen „Römersteinindex“, das heißt, sie waren schlecht als Habitat geeignet (HRQ 1). Im Süden dagegen waren wesentlich weniger Gemeinden schlecht als Nagerhabitat geeignet (Südwesten: 12%, Südosten: 10%). Bei den Gemeinden mit einer sehr guten Habitateignung (HRQ 4) war das Verhältnis genau umgekehrt. Im Norden hatten nur 11% aller Gemeinden eine sehr gute Habitateignung, im Südwesten hatten 33% und im Südosten sogar 45% der Gemeinden eine sehr gute Habitateignung.

Im Südwesten und im Norden war die *E. multilocularis*-Prävalenz in den Gemeinden mit einer schlechten Habitateignung (HRQ1) signifikant niedriger als in den Gemeinden mit einer sehr guten Habitateignung (HRQ4).

Der Südosten Baden-Württembergs, der im Allgäu durch sehr große, zusammenhängende Grasflächen gekennzeichnet wird, unterschied sich bei der Auswertung der *E. multilocularis*-Prävalenz deutlich von den anderen Regionen. Hier gab es nicht den *E. multilocularis*-Prävalenzunterschied zwischen den als Habitat schlecht geeigneten (HRQ1) und den als Habitat sehr gut geeigneten Gemeinden (HRQ4). Stattdessen waren im Südosten die *E. multilocularis*-Prävalenzen in Gemeinden mit einer guten und einer schlechten Habitateignung gleich hoch. Außerdem war die *E. multilocularis*-Prävalenz für die Gemeinden mit einer sehr guten Habitateignung (HRQ4) mit 48% signifikant niedriger als im Südwesten (58%) und im Norden (64%) (Anhang: Abb. 46).

3.4. Landnutzung und *E. multilocularis*-Prävalenz

Nachdem die grundsätzliche räumliche Verteilung der *E. multilocularis*-Prävalenz in Rotfüchsen in Baden-Württemberg analysiert worden war, wurde nun der Zusammenhang zu den durch die CORINE-Karte dokumentierten Landnutzungsarten untersucht. In jeder Gemeinde wurden die Flächenanteile der **Hauptnutzungsarten** Acker (CCL12), Gras (CCL18, 20, 21, 26), Wald (CCL23, 24, 25) und Stadt (CCL1, 2, 3) berechnet und ins Verhältnis zur *E. multilocularis*-Prävalenz in der Gemeinde gesetzt. Dabei ergab sich eine direkte Korrelation in Form eines signifikanten PEARSON Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen dem **Ackeranteil** einer Gemeinde und der *E. multilocularis*-Prävalenz. Für die Daten aus der Studie 1995 - 00 betrug er 0,006 und für die Daten aus der Studie 2002 / 2003 nur 0,041. Für die anderen Hauptnutzungsarten ergab sich kein direkter Zusammenhang.

Um die Staffelung der Hauptnutzungsanteile zu vereinfachen, wurde in einem zweiten Schritt eine Einteilung der Legende in vier Klassen vorgenommen. Die Berechnung der *E. multilocularis*-Prävalenz wurde in allen Gemeinden einer Klasse durchgeführt. Dadurch war die Datengrundlage deutlich größer als beim Vergleich der einzelnen Gemeinden (Abb. 28).

Die Höhe des **Grasanteils** hatte folgenden Einfluss auf die *E. multilocularis*-Prävalenz. Für die Höhe der Prävalenz spielte es keine Rolle, ob der Grasanteil in einer Gemeinde 23% oder 90% betrug. Aber in Gemeinden mit einem minimalen Grasanteil von weniger als 22% war die *E. multilocularis*-Prävalenz signifikant niedriger als in den übrigen Gemeinden.

In Gemeinden mit einem **Waldanteil**, der über 76% lag, war die *E. multilocularis*-Prävalenz in den Füchsen signifikant niedriger als in Gemeinden mit einem kleineren Waldanteil.

Die *E. multilocularis*-Prävalenz war in Gemeinden mit einem **Stadtanteil**, der größer als 11% war, ebenfalls signifikant niedriger als in Gemeinden mit einem sehr kleinen Stadtanteil.

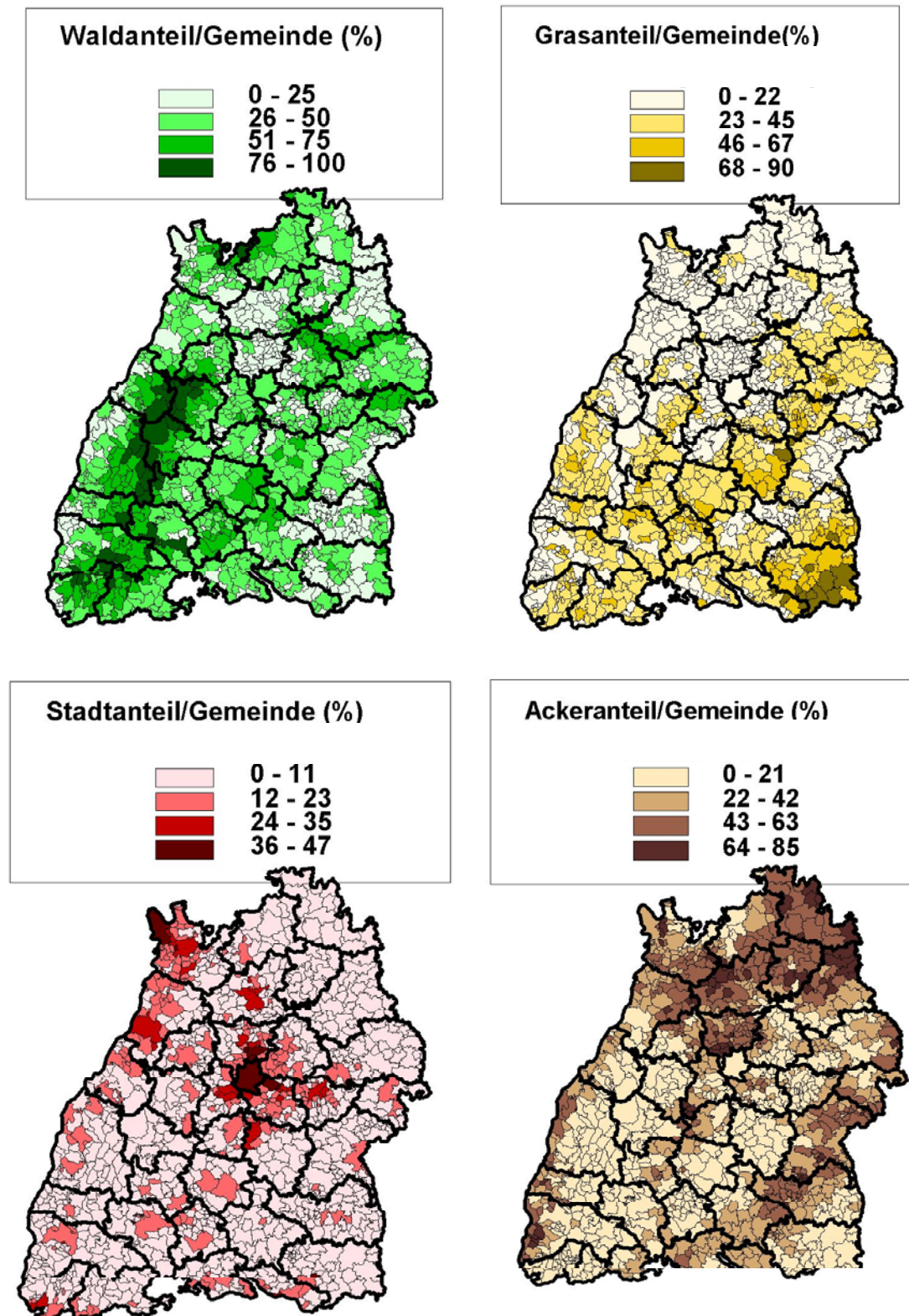


Abb. 28: Nach der Zusammenfassung der CORINE-Klassen zu Hauptnutzungsarten (Acker (CCL 12: braun), Gras (CCL 18, 20, 21, 26: gelb), Wald (CCL 23, 24, 25: grün) und Stadt (CCL 1, 2, 3: rot)) wurden deren Anteile in den Gemeinden in Baden-Württemberg berechnet. Zur übersichtlichen Darstellung dieser Flächenanteile wurde eine Legende mit vier Klassen gewählt.

Da es nicht nur entscheidend ist, wie hoch der Anteil einer Hauptnutzungsart in einer Gemeinde ist, sondern weil auch das Verhältnis der Flächenanteile der verschiedenen Landnutzungsarten zueinander eine wichtige Rolle spielt, war der sogenannte CORINE-Typ einer Gemeinde definiert worden. Die Gemeinden waren anhand von verschiedenen, landschaftlich unterschiedlichen Gegenden in Baden-Württemberg zu **Zonen** zusammengefasst worden.

Bei der Auswertung der Daten aus der Studie 1995 - 00 ergab sich für die Ackerzone in der Hohenlohe mit 36% (CI 95%: 31 - 41%, n = 372) eine signifikant höhere *E. multilocularis*-Prävalenz als für die Stadtzone im Großraum Stuttgart mit 25% (CI 95%: 22 - 29%, n = 611). Eine aussagekräftige Auswertung war für die Graszone im Allgäu nicht möglich, da aus der Studie 1995 - 00 zu wenige Daten vorlagen (Abb. 29).

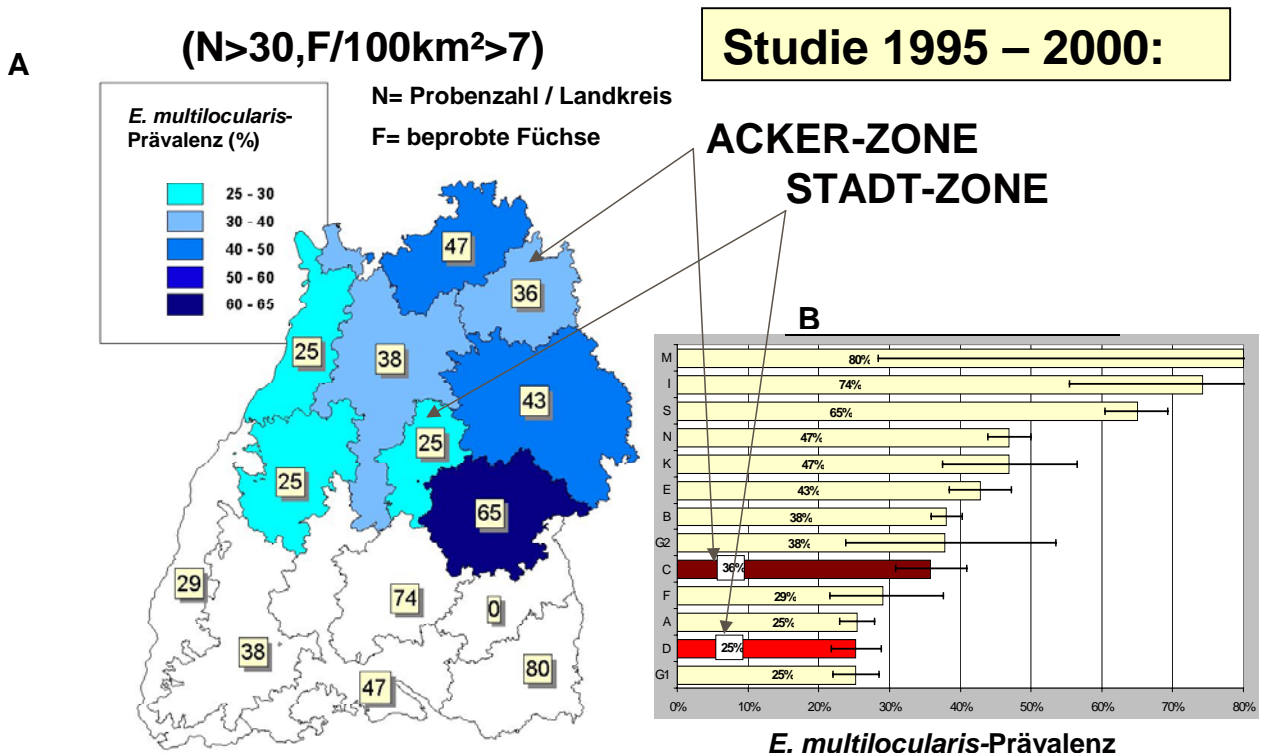


Abb. 29: *E. multilocularis*-Prävalenz (%) bei Füchsen (n = 7213, Darmabstrichmethode) in Baden-Württemberg bei der Studie 1995 - 2000 auf einer Karte mit geografisch unterschiedlichen Zonen (A). Beispielhaft werden die Konfidenzintervalle (B) der Prävalenz in einer Ackerzone (braun) und einer Stadtzone (rot) dargestellt.

Mit den Daten aus der Studie 2002 / 2003 ergab eine Abstufung der korrigierten *E. multilocularis*-Prävalenz von der Ackerzone mit 74% (CI 95%: 69 - 79%; n = 286) über die Graszone mit 52% (CI 95%: 48 - 56%, n = 487) zur Stadtzone mit 29% (CI 95%: 24 - 34%, n = 337). Bei der Berechnung der *E. multilocularis*-Prävalenz ohne Korrektur ergaben sich die gleichen signifikanten Unterschiede zwischen Acker-, Gras- und Stadtzone (Abb. 30).

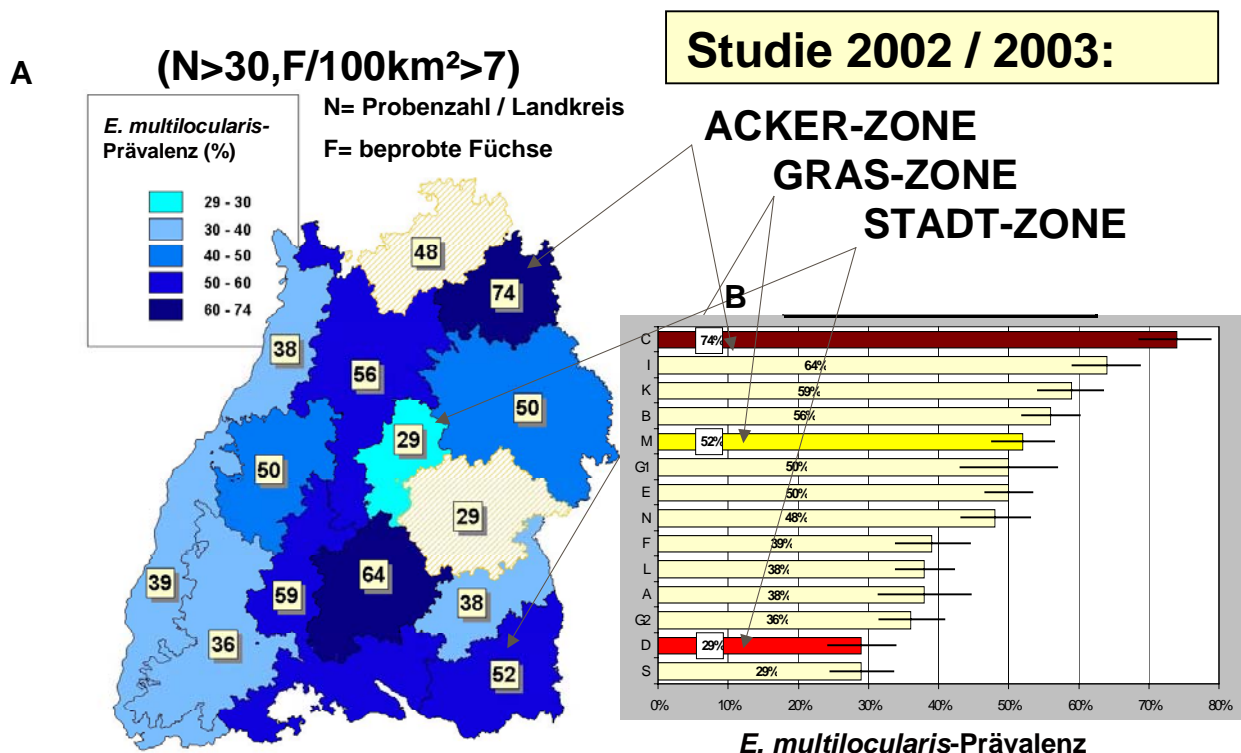


Abb. 30: korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz (%) bei Füchsen (n = 5794, Koproantigen-ELISA) in Baden-Württemberg bei der Studie 2002 / 2003 auf einer Karte mit geografisch unterschiedlichen Zonen (A). Beispielhaft werden die Konfidenzintervalle (B) der Prävalenz in einer Ackerzone (braun), einer Graszone (gelb) und einer Stadtzone (rot) dargestellt.

Die Auswertung der geografisch unterschiedlichen Zonen beschränkte sich auf nur drei Zonen mit einheitlichen CORINE-Typen. Um alle Daten in eine Landschaftsauswertung mit einbeziehen zu können, wurde nur aufgrund des CORINE-Typs eine Gruppierung der Gemeinden zu Gebieten vorgenommen. In diesen Gebieten wurden verschiedene Parameter ausgewertet. Die durchschnittliche Fläche einer Gemeinde lag zwischen 25 km² bei den Mischgemeinden und 34 km² bei den Gemeinden mit einem Wald CORINE-Typ.

Laut **Jagdstatistik** wurden in Baden-Württemberg im Durchschnitt 84 400 Füchse in den Jagdjahren 2001 / 2002 bis 2003 / 2004 geschossen. Für die verschiedenen CORINE-Typ Gebiete ergab sich eine Abstufung der absoluten Streckenzahlen. Ebenso nahm die absolute Zahl der erlegten Tiere vom Gras- über Acker- und Wald- zum Stadtgebiet ab. Diese Abstufungen waren zum Teil durch die Flächendifferenzen der Gebiete begründet. Bei der Einbeziehung der Gebietsfläche lag die Abschussrate im Durchschnitt der Jagdjahre 2001 / 2002 bis 2003 / 2004 im Grasgebiet mit 312 Füchsen pro km² am höchsten. In den anderen CORINE-Typ Gebieten wurden nur etwa 200 Füchse pro km² erlegt (Abb. 31).

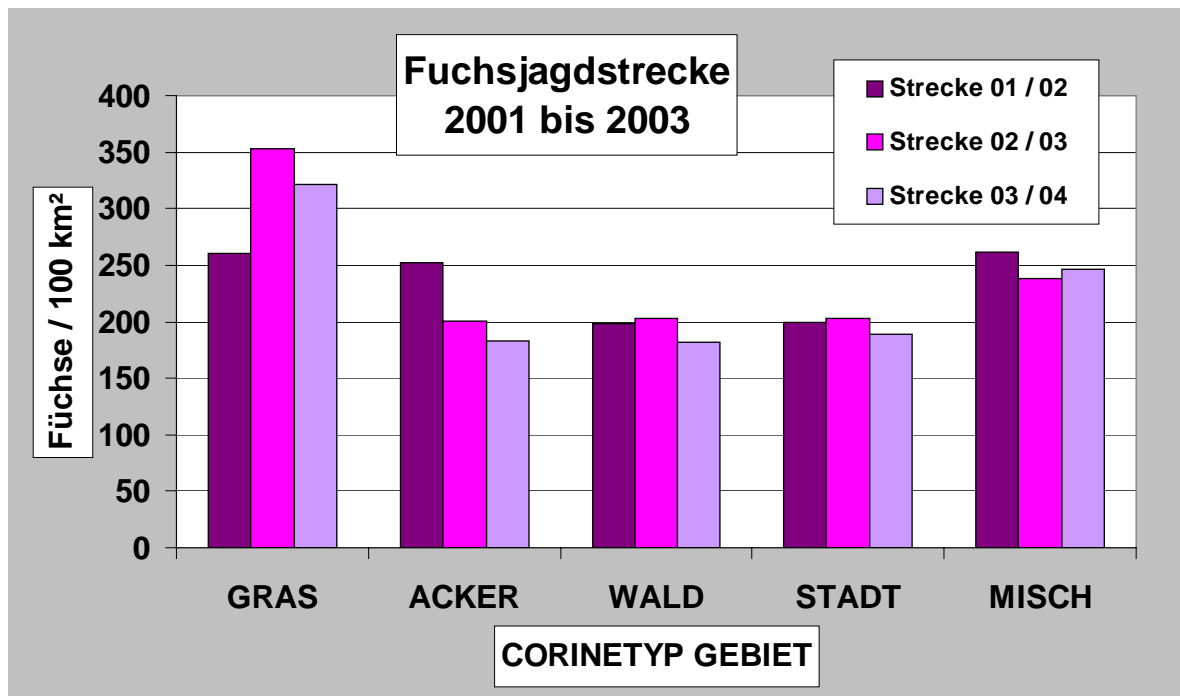


Abb. 31: Zahl der erlegten Füchse pro 100 km² in drei verschiedenen Jagdjahren (Jagdstrecke 2001 bis 2004) in den CORINE-Typ Gebieten Gras, Acker, Wald, Stadt und im Mischgebiet.

Für die Studie 2002 / 2003 wurden die **Probenzahl** in den CORINE-Typ Gebieten auf die Fläche umgerechnet. Dabei ergab sich eine Probendichte von 23 Füchsen pro 100 km² für die Gemeinden mit dem CORINE-Typ Stadt. Diese Probendichte lag deutlich über der Probendichte in den anderen Gebieten, die sich zwischen 12 und 15 beprobten Füchsen pro 100 km² bewegte. Wenn man die beprobten Füchse zu den erlegten Füchsen ins Verhältnis setzte, ergab sich ein ähnliches

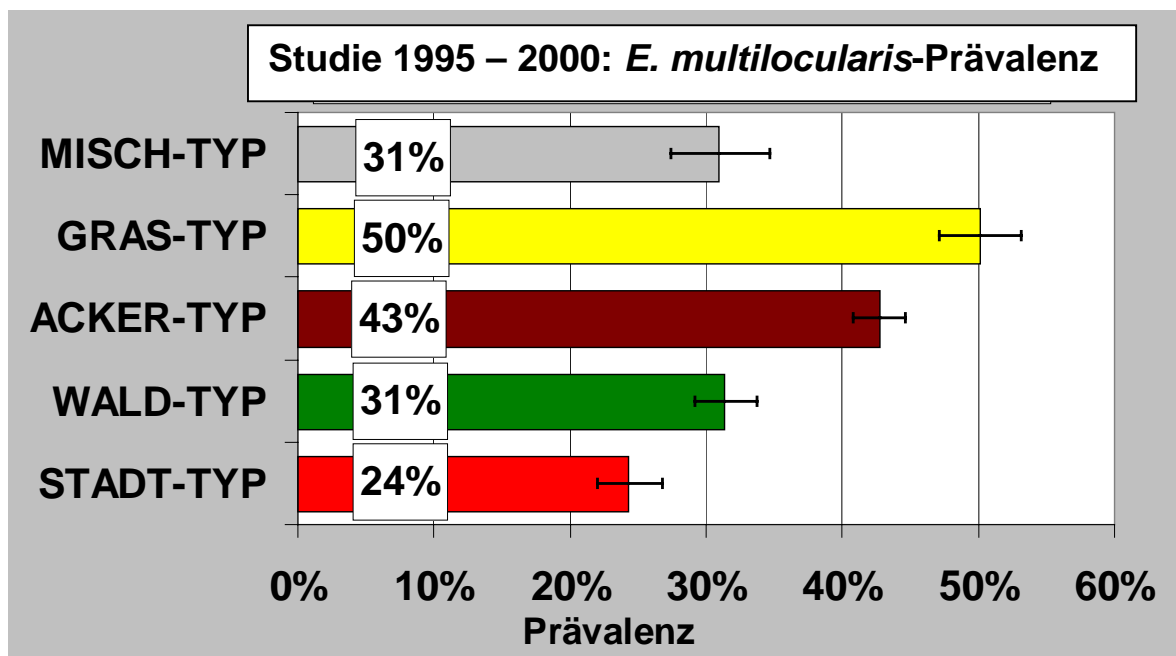
Bild. In den Gemeinden mit einem Stadt CORINE-Typ wurden 6% der erlegten Füchse beprobt, in den anderen CORINE-Typ Gebieten waren es nur 2 bis 3%.

Bei der Auswertung der ***E. multilocularis*-Prävalenz** in allen 21 verschiedenen CORINE-Typ Gebieten fiel auf, dass in Gebieten mit Gemeinden, die einen sehr hohen Grasanteil aufwiesen (CORINE-Typ G4), die *E. multilocularis*-Prävalenz sehr hoch war. Die Prävalenz lag bei der Studie 1995 – 2000 bei 67% (CI 95%: 35 - 90%) und die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz lag bei der Studie 2002 / 2003 bei 55% (CI 95%: 47 - 62%). Im Gegensatz dazu war in den Gebieten, in denen die Gemeinden einen sehr hohen Waldanteil aufwiesen (CORINE-Typ F4), die *E. multilocularis*-Prävalenz sehr niedrig. In der Studie 1995 – 2000 betrug die Prävalenz 22% und in der Studie 2002 / 2003 betrug sie 32%. Ebenfalls sehr niedrig war die *E. multilocularis*-Prävalenz in den Gebieten, in denen die Gemeinden einen sehr hohen Stadtanteil aufwiesen (CORINE-Typ U4). In der Studie 1995 – 2000 lag sie bei 21% und in der Studie 2002 / 2003 bei 22%. Erstaunlich war, dass in Gemeinden mit einem mittleren oder hohen Ackeranteil (CORINE-Typ A4, A3) die *E. multilocularis*-Prävalenz fast ebenso hoch wie in den Gemeinden mit einem hohen Grasanteil war. In der Studie 1995 – 2000 betrug sie 32% beziehungsweise 43%. Bei 68% beziehungsweise 49% lag sie in der Studie 2002 / 2003 (Anhang: Abb. 47).

Um die Prävalenzauswertung noch eindeutiger zu gestalten, wurde sie für fünf zusammengefassten CORINE-Typ Gebiete durchgeführt. Dabei ergab sich für die *E. multilocularis*-Prävalenz mit den Daten der Studie 1995 - 2000 für die verschiedenen CORINE-Typ Gebiete eine signifikante Abstufung: Im Gras CORINE-Typ Gebiet lag die *E. multilocularis*-Prävalenz bei 50% und im Acker CORINE-Typ Gebiet bei 43%. Im Wald CORINE-Typ Gebiet betrug sie 31% und im Stadt CORINE-Typ Gebiet nur 24%. Bei der Auswertung der Daten aus der Studie 2002 / 2003 war ebenfalls eine Abstufung festzustellen. Die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz war im Gras- und im Acker CORINE-Typ Gebiet mit 55% gleich hoch. Die Abstufung fand zum Wald CORINE-Typ Gebiet mit 43% und zum Stadt CORINE-Typ Gebiet mit 32% statt.

Vor der Korrektur der *E. multilocularis*-Prävalenz war das Ergebnis der Auswertung dasselbe, die Abstufung zwischen den verschiedenen Gebieten war genauso erkennbar (Abb. 32).

A



B

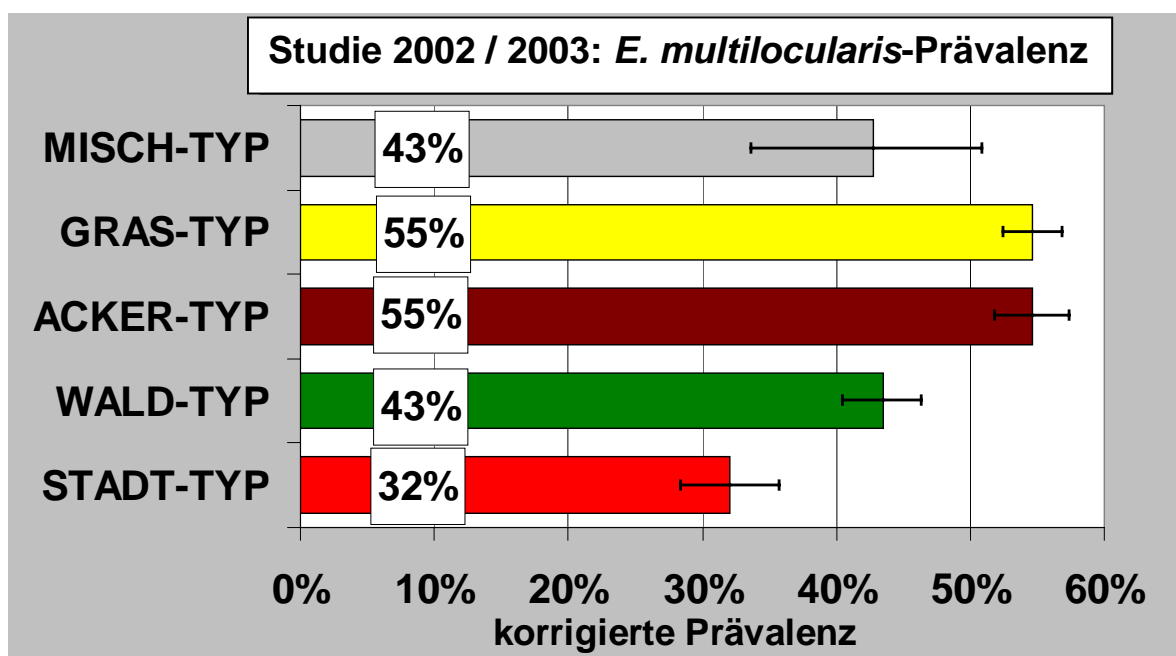
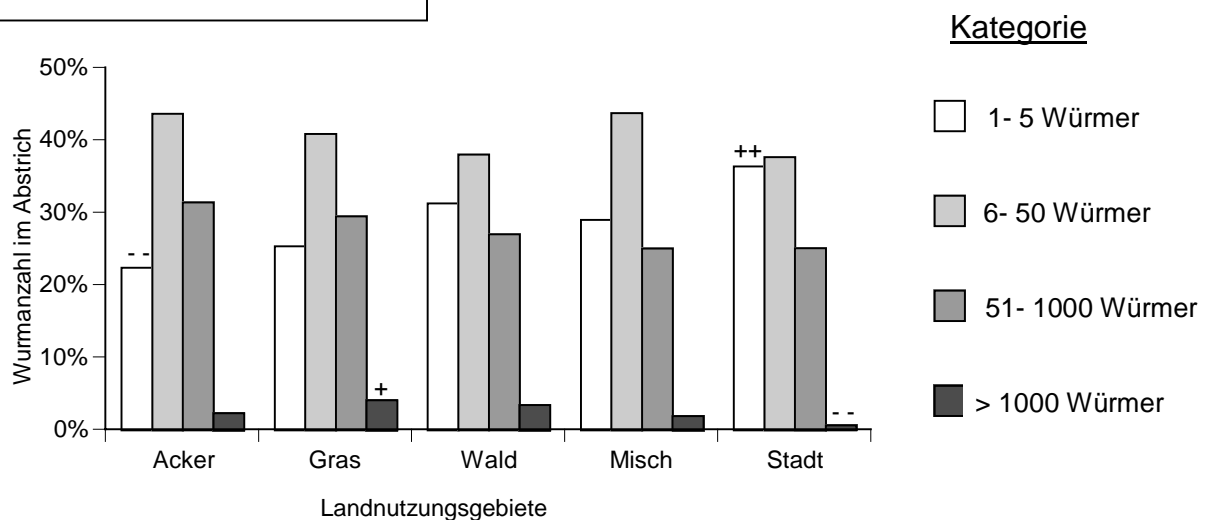


Abb. 32: (Korrigierte) *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen, die in Gras- (GELB), Acker- (BRAUN), Wald- (GRÜN) und Stadt-CORINE-Typ Gebieten (ROT) in Baden-Württemberg erlegt wurden. Die Füchse wurden mit der Darmabstrichmethode (A: Studie 1995 – 2000, n = 7218) bzw. mit einem Koproantigen-ELISA (B: Studie 2002 / 2003, n = 5016) untersucht.

Bei der Darstellung der Wurmzahlen von *E. multilocularis* im **Darmabstrich der Füchse** aus der Studie 1995 – 2000 wurde deutlich, dass sich der Anteil der Füchse mit verschiedenen Befallsintensitäten deutlich unterschied (Abb. 33). Es gab viele Füchse mit 6 bis 50 Würmern, weniger mit 51 bis 1000 Würmern und sehr wenige mit einem massiven Wurmbefall von mehr als 1000 Würmern. Der Anteil der Füchse mit weniger als 6 Würmern im Darmabstrich war niedriger als der mit 6 bis 51 Würmern im Darmabstrich.

Je nach Erlegeort der Füchse unterschied sich der Anteil der Tiere mit einem minimalen *E. multilocularis* Befall (< 6 Würmer im Darmabstrich). In den Ackergebieten war er mit 22% signifikant niedriger als erwartet. Dagegen war der Anteil der schwach befallenen Füchse im Stadtgebiet mit 36% signifikant höher als erwartet.

Studie 1995 – 2000:



Actus randomization test: $\chi^2 = 43,7$, $p < 0.001$

++ Mehr Füchse als erwartet, $p < 0.01$

- Weniger Füchse als erwartet, $p < 0.05$

-- Weniger Füchse als erwartet, $p < 0.01$

Abb. 33: Verteilung der *E. multilocularis*-Wurmzahl im Darmabstrich von Füchsen ($n = 7218$, davon 2665 infiziert), die im Acker-, Gras-, Wald-, Stadt- oder Mischgebiet erlegt wurden (Studie 1995 – 2000). Die Füchse waren aufgrund ihrer Befallsintensität vier Kategorien zugeordnet worden.

Auch der Anteil der Füchse mit einem hochgradigen *E. multilocularis* Befall, bei denen mehr als 1000 Würmer im Darmabstrich gefunden wurden, unterschied sich je nach Erlegeort der Tiere. Im Grasgebiet war der Anteil der hochgradig befallenen Füchse signifikant höher als erwartet. Im Stadtgebiet dagegen wurden signifikant weniger Füchse mit mehr als 1000 Würmern im Abstrich gefunden als erwartet.

Es konnte ein paralleler Anstieg der *E. multilocularis*-Prävalenz und der durchschnittlichen Wurmanzahl im Abstrich in den verschiedenen Landnutzungsgebieten, aus denen die Füchse stammten, beobachtet werden. (Tab. 7).

CORINE TYP	infizierte Füchse	<i>E. multilocularis</i> Prävalenz	mittlere <i>E. multilocularis</i> Anzahl im Abstrich	Gesamtzahl Würmer im Abstrich*
GRAS	535	50%	129	68 812
ACKER	1100	43%	83	90 842
WALD	517	31%	92	47 308
STADT	310	24%	63	19 498
MISCH	203	31%	48	9 726
	2665			236 186
*Bei Füchsen mit einer Wurmbürde von mehr als 1000 Würmern im Abstrich, wurde eine Wurmanzahl von 1000 angenommen.				

Tab. 7: *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen (n = 7218, davon 2665 infiziert) in Gebieten mit unterschiedlicher Landnutzung (Studie 1995 – 2000). Die Gesamtanzahl der bei den Füchsen im Darmabstrich gezählten Würmer wurde für diese Gebiete berechnet. Weiterhin wurde der Durchschnitt der ausgezählten *E. multilocularis*-Exemplare (bis 1000) im Darmabstrich eines Fuchses für jedes Landnutzungsgebiet ermittelt.

Für die Grasgemeinden ergab sich in der Studie 1995 – 2000 mit 48% eine signifikant höhere *E. multilocularis*-Prävalenz im Winterhalbjahr als im Sommerhalbjahr mit 33%. Die Daten aus dem Sommer 1995 mit einer außergewöhnlich hohen *E. multilocularis*-Prävalenz (56%) wurden bei der jahreszeitlichen Auswertung herausgenommen.

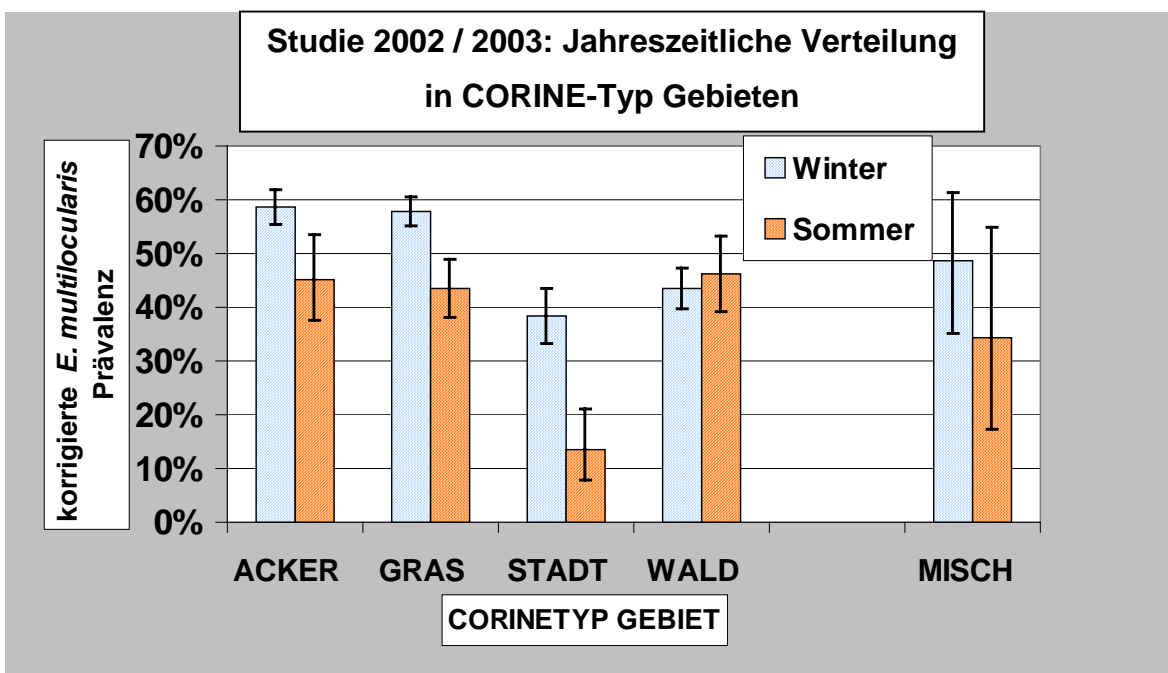
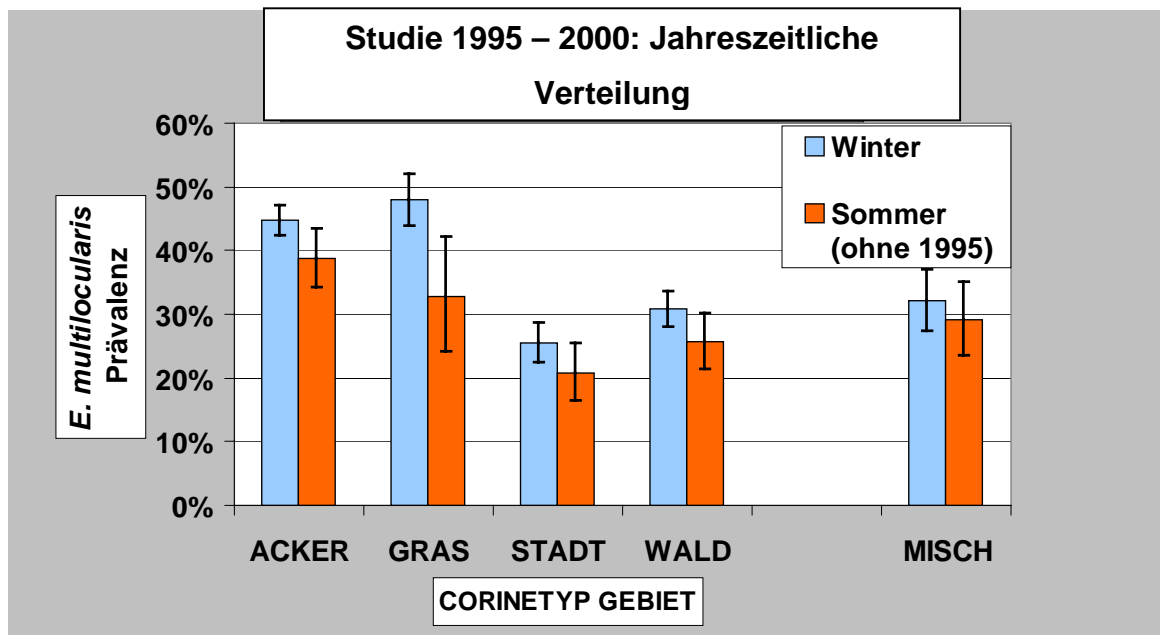


Abb. 34: Jahreszeitliche Verteilung der (korrigierten) *E. multilocularis* Prävalenz bei Füchsen in Baden-Württemberg in verschiedenen Landnutzungsgebieten (Acker-, Gras-, Stadt-, Wald- und Mischgebiet). Bei der Auswertung der Studie 1995 – 2000 (Darmabstrichmethode, n = 6628) wurde der Sommer 1995 nicht einbezogen. Für 2002 / 2003 wurden 3887 Daten ausgewertet (Koproantigen-ELISA).

Bei der **jahreszeitlichen Auswertung** der Studie 2002 / 2003 stellte sich heraus, dass die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz in den CORINE-Typ Gebieten mit Gras- (58%) und Stadtgemeinden (38%) im Winter signifikant höher war als im

Sommer (44%, 14%). Auch in den CORINE-Typ Gebieten mit Ackergemeinden war die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz im Winter (59%) signifikant höher als im Sommer (45%) (Abb. 34).

Um ein vergleichbares Untersuchungsgebiet zu erhalten, war eine Aufteilung von Baden-Württemberg in drei Regionen vorgenommen worden. In diesen Regionen waren die **vorherrschenden Landnutzungsarten** sehr unterschiedlich. In Nord-Baden-Württemberg nahmen die Ackergemeinden mit 42% aller Gemeinden den größten Anteil ein. Im Südwesten überwogen mit 45% die Waldgemeinden und im Südosten mit 61% die Grasgemeinden (Abb. 35).

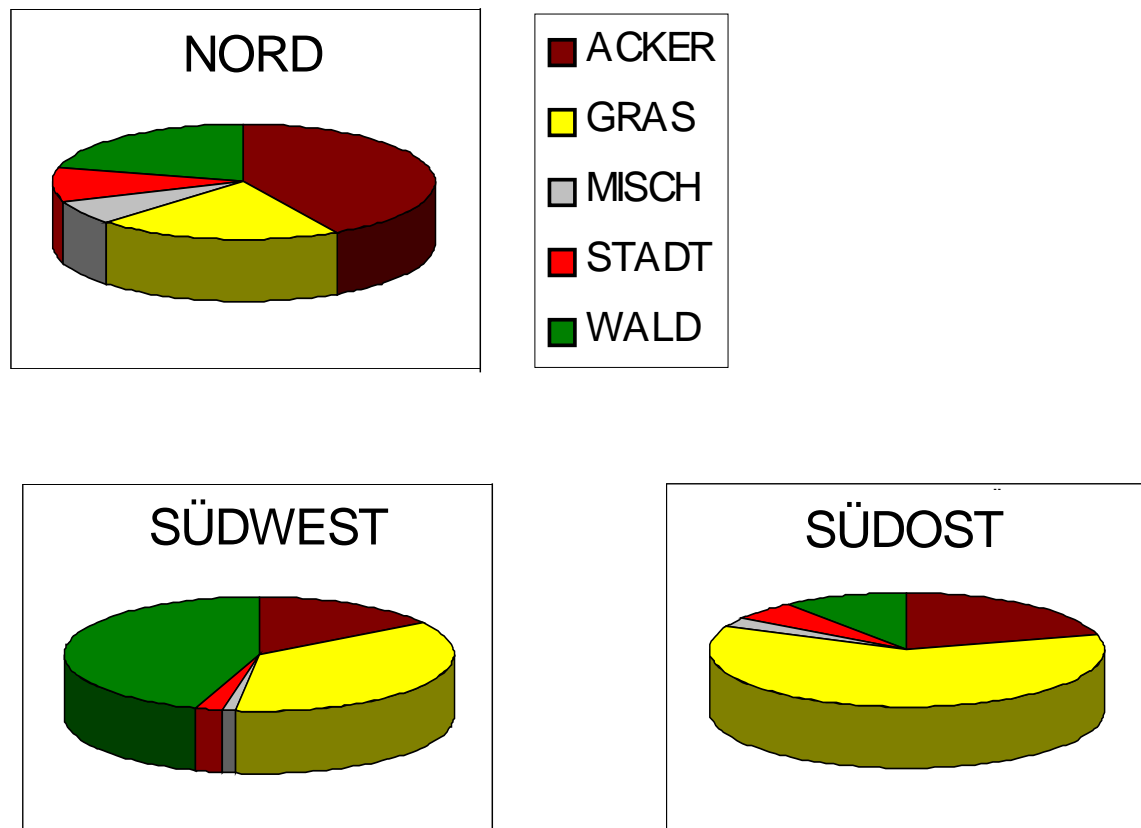


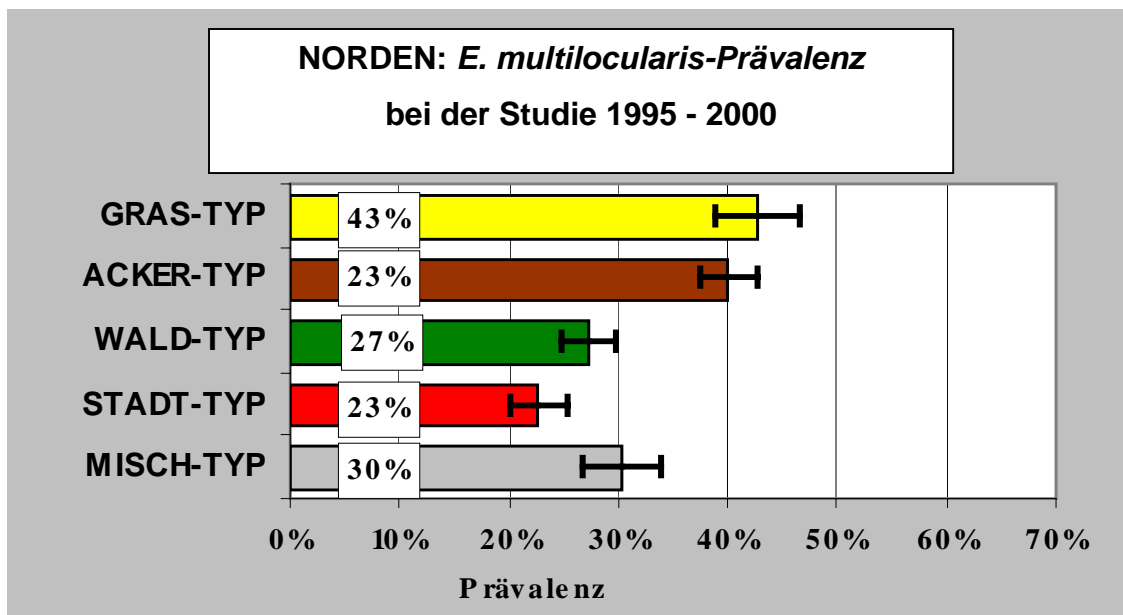
Abb. 35: Anteile (Anzahl der Gemeinden) mit der Hauptnutzungsart Acker (braun), Gras (gelb), Wald (grün) und Stadt (rot) sowie Anteil des Mischgebietes in den Regionen Baden-Württembergs (Norden, Südwesten und Südosten).

Innerhalb des gemeinsamen Untersuchungsgebiets **Nord**-Baden-Württemberg wurde mit den Daten aus beiden Studien in den CORINE-Typ Gebieten die *E. multilocularis*-Prävalenz berechnet:

Für die Studie 1995 - 2000 wurde ein Datensatz für Nord-Baden-Württemberg zusammengestellt, dabei wurden die Daten, aus der Bekämpfungsregion und aus Süd-Baden-Württemberg ausgeschlossen. Im Norden war die Prävalenzabstufung zwischen den vier verschiedenen CORINE-Typ Gebieten nicht mehr so deutlich erkennbar, wie bei der Auswertung für das gesamte Untersuchungsgebiet. Der signifikante Unterschied zwischen einer hohen *E. multilocularis*-Prävalenz mit 43% (CI 95%: 39 - 47%) in den Gras- und mit 40% (CI 95%: 37 - 43%) in den Acker-Gebieten war aber nach wie vor vorhanden. Ebenso wiederholte sich die niedrige *E. multilocularis*-Prävalenz in den Wald- mit 27% (CI 95%: 25 - 30%) und in den Stadt-CORINE-Typ Gebieten mit 23% (CI 95%: 20 - 25%). Durch das Hinzufügen der Daten aus der Bekämpfungsregion (vor Beginn der Beköderung) zu denen aus Nord-Baden-Württemberg aus der Studie 1995 - 2000 war wieder dieselbe Prävalenzabstufung erkennbar, wie bei der Auswertung für das gesamte Untersuchungsgebiet.

Auf Grundlage der Landkreise ($n > 30$) wurden für die Studie 2002 / 2003 vier Datensätze für die Regionen Baden-Württembergs (Norden, Südwesten, Südosten, Bekämpfungsregion) zusammengestellt. Bei der Berechnung der korrigierten *E. multilocularis*-Prävalenz in den CORINE-Typ Gebieten in Nord-Baden-Württemberg ergab sich dieselbe Abstufung wie bei der Auswertung für ganz Baden-Württemberg. Am höchsten war die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz mit 60% und 58% im Gras- und im Acker-CORINE-Typ Gebiet. Im Waldgebiet war die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz mit 47% etwas niedriger und am niedrigsten war sie mit 29% im Stadt-CORINE-Typ Gebiet (Abb. 36).

A



B

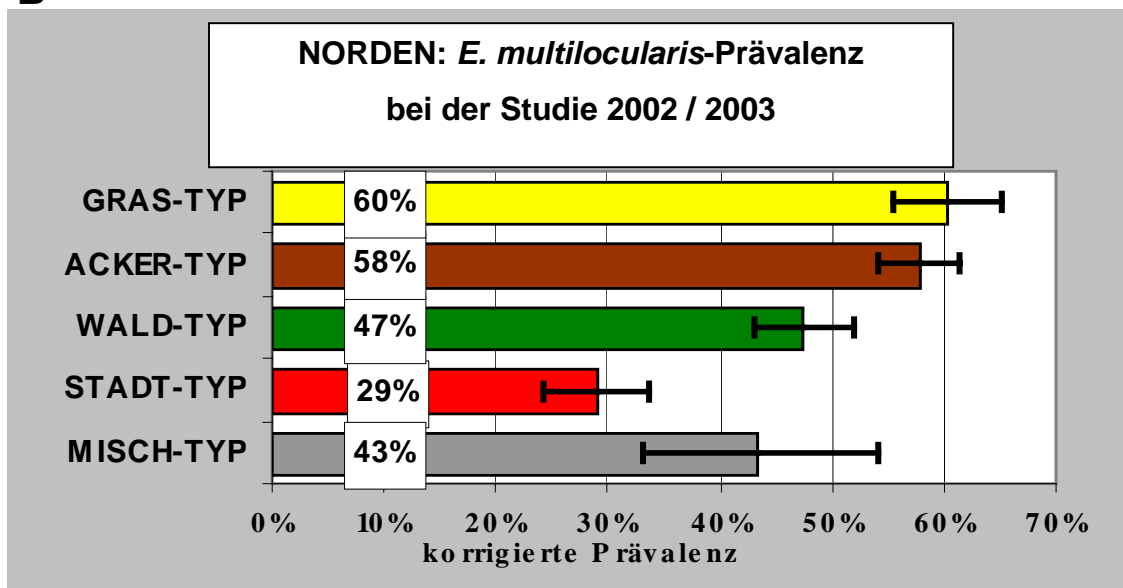


Abb. 36: (Korrigierte) *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen die in Gras- (GELB), Acker- (BRAUN), Wald (GRÜN) und Stadt-Gebieten (ROT) in **Nord-Baden-Württemberg** erlegt wurden. Die Füchse (n = 5103) wurden von 1995 – 2000 (A) mit Darmabstrichmethode untersucht. In der Studie 2002 / 2003 (B) wurden die Daten mit einem Koproantigen-ELISA erhoben (n = 2005).

Bei der Studie 2002 / 2003 wurde die *E. multilocularis*-Prävalenz auch für die Regionen Südwest- und Südost-Baden-Württemberg berechnet. Wie bei der Auswertung für Nord- und Gesamt-Baden-Württemberg war im **Südwesten** eine Prävalenzabstufung in den CORINE-Typ Gebieten zu erkennen. Im Gras CORINE-Typ Gebiet lag die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz mit 63% (CI 95%: 58 - 68%) über der im Wald CORINE-Typ Gebiet mit 40% (CI 95%: 35 - 44%). Im Stadt CORINE-Typ Gebiet war die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz mit 19% (CI 95%: 11 - 29%) sehr niedrig. Im Südwesten war die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz im Acker CORINE-Typ Gebiet mit 51% (CI 95%: 41 - 60%) niedriger als im Norden Baden-Württembergs. Auch die Anzahl der Gemeinden mit einem Acker CORINE-Typ war im Südwesten mit 44 deutlich kleiner als im Norden (179).

Das Bild, was sich bei der Prävalenzauswertung für den **Südosten** Baden-Württembergs bot, unterschied sich grundlegend von den bisherigen Auswertungen. Im Südosten gehörte der größte Teil aller Gemeinden (61%) zum Gras CORINE-Typ Gebiet. Bei der Auswertung gab es im Südosten keine signifikanten Unterschiede zwischen der korrigierten *E. multilocularis*-Prävalenz der verschiedenen CORINE-Typgebiete. Im Gras und im Acker CORINE-Typ Gebiet war die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz mit 50% (CI 95%: 47 - 53%) bzw. mit 38% (CI 95%: 32 - 43%) wesentlich niedriger als bei den bisherigen Auswertungen. In den 20 Gemeinden der Wald CORINE-Typ Gebiete dagegen war die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz mit 51% (CI 95%: 42 - 61%) wesentlich höher als bei den bisherigen Auswertungen. Die höchste korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz im Südosten wurde in den 11 Gemeinden der Stadt CORINE-Typ Gebiete mit 56% (CI 95%: 43 - 67%) festgestellt (Abb. 37).

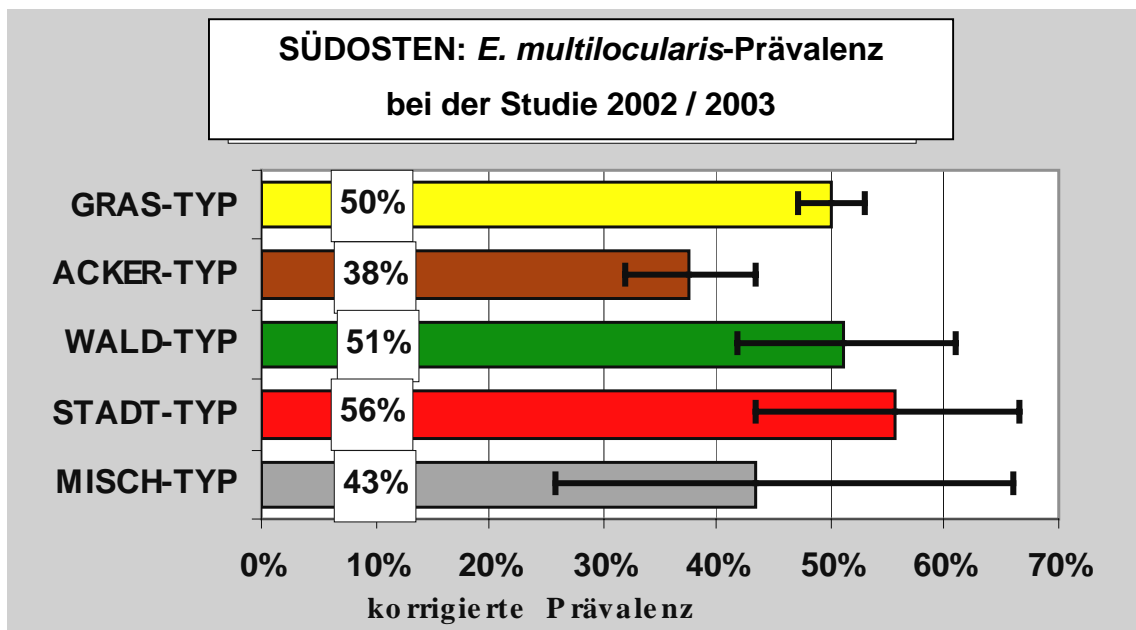
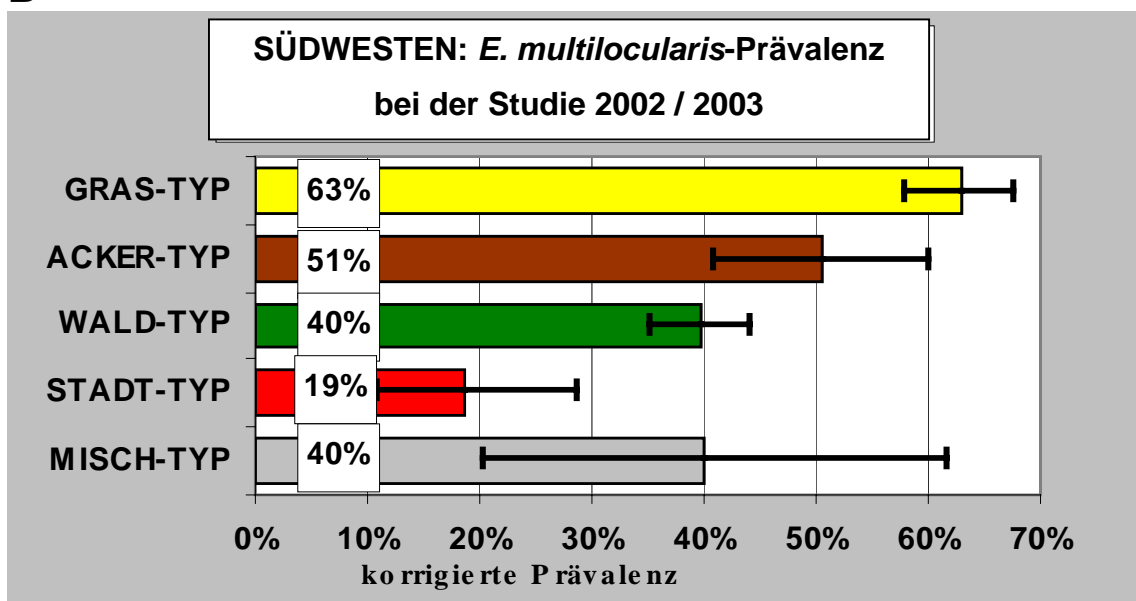
A**B**

Abb. 37: Korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen die 2002 / 2003 in Gras- (GELB), Acker- (BRAUN), Wald (GRÜN) und Stadt-Gebieten (ROT) in **Südost-** (n = 1539) und **Südwest-Baden-Württemberg** (n = 1035) erlegt und mit einem Koproantigen-ELISA untersucht wurden.

4. Diskussion

Eine Ursache für die in den vorliegenden beiden Studien festgestellten räumlichen Prävalenzunterschiede in Baden-Württemberg ist die Landnutzung. Bei der Auswertung wurden zahlreiche weitere Faktoren berücksichtigt, die Einfluss auf die *E. multilocularis*-Prävalenz haben. Im Folgenden werden zunächst die Voraussetzungen unter denen die vorliegende Untersuchung stattgefunden hat und die Untersuchungsmethoden beurteilt. Der Zusammenhang von Prävalenz und *E. multilocularis*-Wurmzahl im Darmabstrich, Jahreszeit und Alter der Füchse wird erläutert. Anschließend werden die Ergebnisse in die bisherige zeitliche Prävalenzentwicklung in Baden-Württemberg eingeordnet. Nach der Einschätzung der CORINE-Daten als Auswertungsgrundlage wird die Bedeutung der Landnutzung für den Übertragungszyklus von *E. multilocularis* detailliert beschrieben.

4.1 Voraussetzungen der Studien

Epidemiologische Analysen werden durch Probennahme, Alter der Füchse, Zeit und Untersuchungsgebiet beeinflusst (Tackmann et al., 2001 b). Die Daten für die vorliegenden Studien wurden zufällig erhoben, da die Wahrscheinlichkeit für infizierte Füchse erlegt zu werden genauso hoch war wie die für gesunde Tiere. Der Grund dafür ist, dass die *E. multilocularis*-Infektion beim Fuchs in der Regel keine Krankheitsanzeichen hervorruft, die ihn leichter erlegbar machen würden. Selbst ein Massenbefall scheint bei Füchsen asymptomatisch zu verlaufen (Eckert et al., 2001 a, Romig et al., 1999 b, Ewald, 1990).

In ganz Baden-Württemberg wurden den Jägern im gesamten Untersuchungszeitraum für jeden untersuchbaren Fuchs eine **Abschussprämie** ausgezahlt. Erst wenn das jährliche Probensoll des Landkreises erreicht war, erhielten die Jäger keine Prämie mehr. Dies hätte dazu führen können, dass ab diesem Zeitpunkt im Rest des Jahres weniger Füchse erlegt worden wären. Es kam aber selten zu einer Aussetzung der Prämienzahlung, da in den meisten Landkreisen das

jährliche Probensoll nicht überschritten wurde. Nach dem Auftreten eines Tollwutfalls in Hessen Ende Mai 2003 wurden in dem „tollwutgefährdeten Bezirk“ (Rhein-Neckar-Kreis, Stadtkreise Mannheim und Heidelberg) keine Prämien mehr ausgezahlt. Diese Maßnahme betraf aber nur die letzten Monate des Untersuchungszeitraumes der Studie 2002 / 2003. Der Einfluss dieser Prämienaussetzung auf die Zahl der eingesandten Füchse dürfte daher nur sehr gering sein.

Als **Probenraster** diente bei den vorliegenden Studien das Netz der Verwaltungsgrenzen. Von den Jägern wurde die Gemeinde, in der sie den Fuchs erlegt hatten, auf einem Probenbegleitschein angegeben. Die **Untersuchungsdichte** in Baden-Württemberg war in beiden Studien sehr heterogen. Die maximale Untersuchungsdichte in einer Gemeinde lag in der Studie 1995 - 2000 bei 33 erlegten Füchsen pro 100 km² und in der Studie 2002 / 2003 bei 119 Füchsen pro 100 km². Es gab aber auch Gemeinden, in denen gar keine Füchse erlegt wurden.

In der Studie 2002 / 2003 wurde eine erhöhte Probendichte im direkten Umkreis der Untersuchungslabore festgestellt. Diese ist vermutlich durch den persönlichen Kontakt zum dortigen Personal und die Möglichkeit für die Jäger, die erlegten Füchse direkt abliefern zu können, bedingt.

Ein Teil der Daten wurde bei der Auswertung der Prävalenzstudien ausgeschlossen. Grund dafür war die **Probenherkunft** aus Gebieten, in denen eine Beköderung mit Praziquantel stattfand. In einem Gebiet im Süden Baden-Württembergs mit einer Fläche von 3000 km² (Teile der Landkreise Esslingen, Reutlingen, Göppingen und Alb-Donau-Kreis) begann im Herbst 1995 ein Bekämpfungsprojekt des Ministeriums für Ernährung und ländlichen Raum (MLR). In einem zweiten Gebiet im Norden Baden-Württembergs (Teile der Landkreise Neckar-Odenwald-, Heilbronn, Rhein-Neckar- und Main-Tauber-Kreis) mit einer Fläche von 2400 km² begann ab 2001 die Beköderung. Nur die Daten von

Füchsen, die bis zum Beginn der Bekämpfung in den beiden Gebieten erlegt worden waren, gingen in die Auswertung ein.

Voraussetzung, um einen Zusammenhang zwischen Landschaftsparametern der **Erlegegemeinde** eines Fuchses und der *E. multilocularis* Infektion des Tieres herstellen zu können, ist, dass der überwiegende Teil der Tiere in ihrer Raumnutzung auf die Gemeindefläche beschränkt war. Um das beurteilen zu können, muss man die Größe des Streifgebiets eines Fuchses kennen. Die Größe des Streifgebiets ist von der Populationsdichte der Füchse, der Landnutzung und der Erreichbarkeit von Futterquellen abhängig (Labhardt, 1990). Im Zentrum der Stadt Zürich wurden deutlich kleinere Streifgebiet-Größen (4,8 ha, 27,1 ha) als im Stadtrandbereich (42,5 ha, 68,2 ha) festgestellt (Deplazes et al., 2004). Die durchschnittliche Größe eines Streifgebiets von „Kleinstadtfüchsen“ in der Gemeinde Römerstein war mit 169 ha wesentlich größer als die der „Stadtrandfüchse“ in Zürich (D. Thoma, unveröffentlicht). Die größte Angabe für die Fläche eines Streifgebietes liegt bei 1600 ha (Labhardt, 1990). Diese Größe dürfte aber nur unter außergewöhnlichen Bedingungen, das heißt, bei einem sehr schlechten Nahrungsangebot und einer geringen Populationsdichte erreicht werden. Selbst wenn man von der maximalen Größe eines Streifgebietes ausgeht, liegt diese noch innerhalb der Grenzen einer durchschnittlichen Gemeinde in Baden-Württemberg (3200 ha). Auch die Wanderungsdistanz von Füchsen beträgt in der Regel weniger als 5 bis 10 km (Burrows und Matzen, 1981). Jungfüchse wandern 10 bis 70 km zur Gründung eines neuen Reviers (Macdonald, 1993, WHO, 1992). Es kann also davon ausgegangen werden, dass die meisten Füchse sich vorwiegend in ihrer Erlegegemeinde aufgehalten haben.

Für die **Auswertung von Prävalenzdaten**, die **auf Gemeindeebene** bei Füchsen erhoben wurden, sind bisher verschiedene Methoden entwickelt worden. Die Erlegegemeinden von Füchsen waren auch bei Prävalenzstudien in Brandenburg und Niedersachsen die räumliche Datengrundlage. In Brandenburg wurde zur Auswertung der *E. multilocularis*-Prävalenz der Füchse in Zusammenhang mit der Landschaft eine Zufallsverteilung aller erlegten Füchse in der jeweiligen Erlegegemeinde vorgenommen. Danach wurden Pufferzonen mit einem Radius von 2,5 km um die zufällig verteilten Erlegeorte gebildet. Die Landnutzungsarten in

den Pufferzonen der infizierten und der nicht infizierten Tiere wurden miteinander verglichen (Staubach et al., 2001).

Bei einer kürzlich in Brandenburg durchgeführten räumlichen Analyse zum Vorkommen von *E. multilocularis* bei Rotfüchsen in Sachsen-Anhalt wurde das Untersuchungsgebiet mit einem Scan-Test (Kulldorf und Nagarwalla, 1995) nach signifikanten Clustern mit einem erhöhten Infektionsrisiko abgesucht (Denzin et al., 2004). In Frankreich wurden die Gemeinden aufgrund ihrer geographischen Lage und ihrer Landnutzung für die Auswertung zu verschiedenen Gruppen zusammengefasst (Giraudoux et al., 1997 b). Mit Daten, bei denen nicht die präzisen geographischen Koordinaten des Erlegeortes, sondern nur die Erlegegemeinden bekannt sind, ist nur eine großräumige Auswertung auf regionaler Ebene möglich.

4.2 Untersuchungsmethoden

Für großflächige Untersuchungen von Endwirten ist die Wahl der diagnostischen Methode von ökonomischen, methodischen und logistischen Faktoren abhängig. Sie sollte hoch sensitiv, schnell und billig sein (Deplazes et al., 2003).

Bis vor kurzem war die **Darmabstrichmethode** neben der Sedimentationsmethode die Standardmethode zur Untersuchung der *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen. Sie wurde zur Datengewinnung in der Studie 1995 - 2000 angewendet. Der Vorteil dieser Methode war, dass sie relativ einfach durchführbar und für Feldstudien anwendbar war (Eckert et al., 2001). Ein Nachteil war, dass die Darmabstrichmethode hohe Sicherheitsanforderungen und ein Speziallabor erforderte, um das Personal vor einer Infektion zu schützen. Sie war im Verhältnis zum später entwickelten Koproantigen-ELISA sehr zeitintensiv. Man kann von einer durchschnittlichen Untersuchungszahl von 20 Füchsen pro Person und Tag ausgehen (Deplazes et al., 2004). Auch die enormen Gefrierkapazitäten, die bei

einer großflächigen Untersuchung zur Zwischenlagerung der Fuchskadaver benötigt wurden, dürfen nicht unterschätzt werden.

Für die Darmabstrichmethode wurde eine **Sensitivität** von 78% (CI 95%: 68 - 86%) beschrieben. Grundlage dafür war die Untersuchung von 170 Füchsen in Zürich mit der Sedimentationsmethode als Referenz (Hofer et al., 2000). Eine sehr ähnliche Sensitivität von 76% (CI 95%: 69 - 83%) wurde für die Darmabstrichmethode in Baden-Württemberg bei der Untersuchung von 241 Füchsen festgestellt (Dinkel et al., 1998). Der Rektalinhalt dieser Füchse war parallel dazu mit einer neu entwickelten PCR (polymerase chain reaction) untersucht worden.

Im Rahmen der Evaluierung des Koproantigen-ELISA bei 184 Füchsen wurde mit der Darmabstrichmethode eine *E. multilocularis*-Prävalenz von 55% (CI 95%: 48 - 63%) berechnet. Wenn man von einer Sensitivität von 77% ausgeht, muss diese Prävalenz etwa um 20% nach oben korrigiert werden. Das würde bedeuten, dass von den 184 Füchse tatsächlich nicht nur die gefundenen 102 infiziert waren. Bei einem Test mit einer 100-prozentigen Sensitivität hätte man stattdessen 132 infizierte Füchse finden müssen.

Die **Spezifität** der Darmabstrichmethode wurde generell als sehr hoch (um 99%) eingeschätzt, da die morphologischen Eigenarten von *E. multilocularis* in der Regel eine eindeutige Diagnose ermöglichen (Deplazes et al., 2004, Eckert et al., 2001).

Sensitivität und Spezifität der Darmabstrichmethode hängen von verschiedenen Faktoren ab. Eine fortgeschrittene Autolyse des Untersuchungsmaterials kann ebenso eine Rolle spielen wie die Erfahrung des Untersuchers bei der lichtmikroskopischen Identifizierung von *E. multilocularis* (Romig, pers. Mitteilung).

Von mehreren Forschungsgruppen wurden unabhängig voneinander **Koproantigen-ELISA** zur Diagnose von *Echinococcon*-Infektionen entwickelt (Deplazes et al., 1999, Sakai et al., 1998). Die Kommerzialisierung eines dieser Tests (Chekit Echinotest, Dr. Bommeli-AG, CH-3097 Bern) schaffte die Voraussetzung für das landesweite Monitoring Programm in Baden-Württemberg, welches 2002 begann. Der große Vorteil dieses Tests war, dass man in relativ

kurzer Zeit eine sehr große Probenzahl untersuchen konnte. Von einer Person konnten jetzt bis zu 200 Proben am Tag untersucht werden (Deplazes et al., 2004). Durch den geringeren logistischen und personellen Aufwand war der Koproantigen-ELISA kostengünstiger als die Darmabstrichmethode.

Der in der vorliegenden Untersuchung verwendete **kommerzielle Koproantigen-ELISA** (Chekit Echinotest, Dr. Bommeli AG, CH-3097 Bern) wurde einer **Evaluierung** unterzogen. Mit der Darmabstrichmethode als Referenzmethode ergab sich eine **Sensitivität** von 66% (CI 95%: 56 - 75%) und eine **Spezifität** von 90% (CI 95%: 81 - 96%) (Romig et al., unveröffentlicht). Da die Abstrichmethode eine geschätzte Sensitivität von 70 - 80% besitzt, ist dieses Ergebnis ungünstiger als die in einer Vergleichsuntersuchung mit der Sedimentationsmethode in Zürich ermittelte Sensitivität (60 - 80%) und Spezifität (80 - 95%) des kommerziellen Koproantigen-ELISA (Deplazes et al., 2003, Christofi et al., 2002). In Dänemark wurde mit dem kommerziellen Koproantigen-ELISA im Vergleich zur Sedimentationsmethode nur eine Spezifität von 70% festgestellt (Kapel und Saeed, 2000).

Eine **Kreuzreaktion** des Koproantigen-ELISA mit *E. granulosus* konnte bei 16% von 32 Hunden in der Schweiz festgestellt werden (Deplazes et al., 1999). Diese spielt aber für die vorliegende Auswertung keine Rolle, da davon ausgegangen werden kann, dass der Endwirt Fuchs in Baden-Württemberg nicht mit anderen *Echinococcon* Spezies infiziert ist.

Bei der oben genannten Evaluierung des Koproantigen-ELISA konnte eine Zunahme der **Sensitivität** des Koproantigen-Tests im Zusammenhang mit einer steigenden Zahl von *E. multilocularis*-Würmern im Abstrich festgestellt werden. Die Sensitivität betrug 41% bei einer geringen Infektionsintensität (1 – 10 *E. multilocularis*). Bei einer mittleren Infektionsintensität (10 - 100 *E. multilocularis*) lag sie bei 66% und bei einer hohen Infektionsintensität (> 100 *E. multilocularis*) bei 93% (Romig et al., unveröffentlicht). Mit zunehmender Wurmzahl im Abstrich erhöhte sich auch der mittlere Wert der optischen Dichte (OD-Wert) des Koproantigen-ELISA.

Dass die diagnostische Sensitivität des Koproantigen-ELISA mit zunehmender Infektionsintensität der Füchse ansteigt, wurde auch bei der Untersuchung von 55 Füchsen aus der Nordost-Schweiz festgestellt. Insgesamt lag die Sensitivität des Koproantigen-Tests bei dieser Untersuchung bei 84%. Sie variierte aber von 95% bei 37 Füchsen mit über 100 Würmern bis zu 61% bei 18 Füchsen mit unter 100 Würmern (Deplazes et al., 1999).

Die Tatsache, dass die Sensitivität bei verschiedenen Prävalenzen sehr unterschiedlich sein kann, muss bei der Interpretation eines genau definierten Prozentwertes für die Sensitivität berücksichtigt werden.

Bei der Einstufung der Probenwerte anhand des mit dem Koproantigen-ELISA ermittelten Befunds fielen 6% der 5794 Proben in die vom Hersteller als „fraglich“ definierte Kategorie. Um diese Proben mit in die Auswertung einbeziehen zu können und dabei die Sensitivität des Tests zu erhöhen, wurde der **Cut-off bei 40%** gesetzt. Dadurch wurden die „fraglichen“ Probenwerte zu der Gruppe der „negativen“ Proben gerechnet. Es besteht natürlich die Gefahr, dass ein Teil dieser Proben tatsächlich von infizierten Füchsen stammte, aber durch die später beschriebene Prävalenzkorrektur konnte diese schlechte Einschätzung wieder relativiert werden.

Eine **Korrektur der *E. multilocularis***-Prävalenz nach oben wurde in der zweiten Studie vorgenommen, um eine realistischere Einschätzung der Zahl der infizierten Tiere zu erreichen und um den optischen Vergleich der Daten aus beiden Studien zu erleichtern. Der Korrekturfaktor 1,515 ($100 / 66$) resultierte aus der Sensitivität des Koproantigen-ELISA, die bei dessen Evaluierung festgestellt worden war. Da keine sinnvolle und nachvollziehbare Möglichkeit zur Korrektur unter Einbeziehung der Spezifität gefunden werden konnte, wurde diese nicht berücksichtigt.

Alle Auswertungen der Studie 2002 / 2003 zur räumlichen Prävalenzverteilung wurden mit der korrigierten *E. multilocularis*-Prävalenz gemacht. Zur Kontrolle wurden die Auswertungen mit der ursprünglich ermittelten Prävalenz wiederholt.

Die Ergebnisse unterschieden sich nur in der absoluten Höhe der Prävalenzen, aber nicht in der relativen räumlichen Prävalenzverteilung.

4.3 Prävalenz und Wurmbürde

In der Studie 1995 - 2000 wurde die *E. multilocularis*-Wurmbürde der Füchse als Anzahl der Würmer im Darmabstrich bestimmt. Es wurden etwa 20% der Darmschleimhaut abgestrichen, daher ist die ermittelte Wurmzahl im Abstrichmaterial nur eine Teilmenge aller im Darm vorhandenen Würmer. Eine Umrechnung auf Wurmzahlen, die mit der Sedimentationsmethode ermittelt wurden, wird auch dadurch erschwert, dass bei den massiv infizierten Füchsen (> 1000 Würmer im Abstrich), aus arbeitstechnischen Gründen die Würmer nicht ausgezählt wurden. Stattdessen wurde bei massiven Infektionen für die Auswertung eine Wurmbürde von 1000 Würmern angesetzt. Diese Untersuchungstechnik führte zu einer insgesamt niedrigeren Zahl der Würmer im Abstrichmaterial als im Darm der untersuchten Füchse. Die vorliegenden Zahlen für die Wurmbürde können also nur als Index dienen.

Von den 7218 Füchsen, die mit der Darmabstrichmethode untersucht wurden, beherbergten nur 3% der infizierten Tiere (72 von 2665) mehr als 1000 Würmer im Abstrich. Der **Anteil der massiv infizierten Füchse** (> 1000 Würmer) war somit deutlich kleiner als der Anteil der schwächer infizierten Tiere. Beim Vergleich mit anderen Daten muss die Untersuchungsmethode, in diesem Fall die, mit der Darmabstrichmethode unterschätzte, Wurmbürde berücksichtigt werden.

Martinek (et al., 2001) fand bei der Untersuchung von 50 Füchsen mit der Sedimentationsmethode in Tschechien bei einem sehr großen Anteil der Tiere (43%), eine massive Wurmbürde (> 1000 Würmern). Von 133 infizierten Füchsen, die mit der Sedimentationsmethode in Zürich im Winter 1996 – 1998 untersucht wurden, beherbergten 30% mehr als 1000 *E. multilocularis*-Exemplare (Hofer et al., 1999). Ebenfalls mit dieser Methode waren 36 infizierte Füchse, die 1994 und 1995 im Kanton Zürich erlegt worden waren, untersucht worden. Beim Auszählen der *E. multilocularis*-Würmer lag der Anteil der Füchse mit einer massiven

Wurmbürde (> 1000) nur bei 25%. Der Rest der Tiere hatte eine niedrigere Wurmbürde (Deplazes, 1997). Dies entspricht der Beobachtung anderer Autoren, dass der Anteil der Füchse mit hohen Wurmbürden (> 1000) in Europa verhältnismäßig niedrig ist (Eckert et al., 2001 b).

In der vorliegenden Arbeit wurde bei der Auswertung der Wurmbürde in allen Untersuchungsgebieten eine **Abstufung vom Anteil der schwach infizierten Füchse** (CH2: 6 - 50 Würmer) **zum Anteil der massiv infizierten Füchse** (CH4: > 1000) festgestellt. Allerdings galt dies nicht für die niedrigste Infektionskategorie (CH1: < 6 Würmer). Der Anteil der Füchse in dieser Kategorie war in allen Untersuchungsgruppen verhältnismäßig klein. Eine logische Erklärung dafür wäre, dass die wenigen Würmer bei Füchsen mit extrem niedriger Infektionsintensität mit der Darmabstrichmethode leichter übersehen werden als bei höheren Befallsintensitäten. Es ist anzunehmen, dass der Anteil der schwach infizierten Füchse (< 6 Würmer) unterschätzt wird und die Anteile der Füchse mit verschiedenen Befallsraten gleichmäßig verteilt sind.

Eine Abstufung vom Anteil der Tiere mit einer geringen Wurmbürde (<10 Würmer) zu denen mit einer massiven Wurmbürde (>1000 Würmer) wurde auch von anderen Autoren in Baden-Württemberg und in der Schweiz beschrieben (Deplazes, 1997, Wessbecher et al., 1994, Ewald, 1993). In Nordhessen und Ostwestfalen wurde im Gegensatz dazu eine Abstufung in umgekehrter Reihenfolge gefunden (Ballek et al., 1992).

Die niedrigste Infektionskategorie passte auch bei anderen Untersuchungen (> 10 Würmer) nicht in die Abstufung, sondern war niedriger (Wessbecher et al., 1994, Ballek et al., 1992). Die Verteilung der Wurmbürde bei verschiedenen Untersuchungen wurde von Eckert (et al., 2001 b) zusammengestellt.

Der Zusammenhang zwischen der ***E. multilocularis*-Prävalenz und der Anzahl der Würmer im Darmabstrich** wurden mit den Daten aus der Studie 1995 – 2000 überprüft. In den Landkreisen mit einem niedrigen Prävalenzlevel (< 30%) und in dem Stadt-CORINE-Typ Gebiet mit einer niedrigen Prävalenz (24%) war der Anteil

der Füchse mit weniger als 6 Würmern im Abstrich signifikant höher als erwartet. Bei diesen Füchsen, könnte es sich um Tiere handeln, bei denen der Infektionszeitpunkt schon länger zurück liegt. Dass Füchse mit einer geringen Befallintensität vor allem in Gebieten mit niedriger Prävalenz gehäuft vorkommen, könnte seine Ursache in der geringeren Exposition dieser Tiere haben.

Die Anteile mit mehr als 51 beziehungsweise mehr als 1000 Würmern waren signifikant niedriger als erwartet. In den Landkreisen auf der Schwäbischen Alb (RT, UL und ULS), in denen eine sehr hohe Prävalenz (> 60%) festgestellt worden war, war der Anteil der Füchse mit weniger als 6 Würmern signifikant niedriger als erwartet. Dasselbe galt für diesen Anteil im hochprävalenten Acker-CORINE-Typ Gebiet. Im Gegensatz dazu war in den Landkreisen im Hochendemiegebiet der Anteil der stark infizierten Füchse (> 1000 Würmer) signifikant höher als erwartet. Dies war auch in dem Gras-CORINE-Typ Gebiet der Fall, in dem die Prävalenz sehr hoch war (50%). Die Infektionsintensität in den Hochprävalenzgebieten war insgesamt höher als in den Gebieten mit niedriger Prävalenz. Dies konnte durch den parallelen Anstieg von *E. multilocularis*-Prävalenz und durchschnittlicher Wurmzahl in Landkreisen und Landnutzungsgebieten bestätigt werden.

Eine mögliche Erklärung für die höhere Infektionsintensität in den Hochendemiegebieten wäre, dass dort der Übertragungszyklus intensiver abläuft. Damit käme es mit einer größeren Wahrscheinlichkeit zu Superinfektionen einzelner Füchse und damit zu einer höheren Wurmbürde dieser Tiere.

4.4 Einflussfaktoren Jahreszeit und Fuchsalter

Der Einfluss der **Jahreszeit** auf die *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen wurde mit den Daten aus beiden Studien überprüft. Der größte Teil der Füchse (70% beziehungsweise 80%) wurde bei beiden Studien im Winter erlegt. Ursache dafür war, dass die Fuchsjagd vorwiegend in der Jagdsaison im Winter stattfand. Die Probendichte in den einzelnen **Landkreisen** war zu gering, um einen signifikanten Prävalenzunterschied zwischen den verschiedenen Jahreszeiten erkennen zu können. Nach der Aufteilung von Baden-Württemberg in **Regionen** konnte für

Nord-Baden-Württemberg mit den Daten aus beiden Studien im Winter eine signifikant höhere Prävalenz als im Sommer festgestellt werden. Mit den Daten aus der Studie 2002 / 2003 ließ sich für Südwest- und Südost-Baden-Württemberg dieselbe Tendenz erkennen. Bei der Studie 1995 – 2000 wurde im Sommer 1995 eine deutlich höhere Prävalenz als zu allen anderen Zeiten festgestellt. Die Ursache dafür lag darin, dass in diesem Zeitraum der größte Teil der Proben auf der Schwäbischen Alb in den Landkreisen Reutlingen, Alb-Donau und Göppingen erhoben wurde. Die Prävalenz (> 60%) war in diesem Gebiet ausgesprochen hoch. Die Daten aus dem Sommer 1995 wurden wegen ihrer besonderen Herkunft bei der jahreszeitlichen Auswertung ausgeschlossen, da nur in dem genannten Halbjahr Daten aus diesen hochendemischen Landkreisen ohne Einfluss von Praziquantel-Auslagen erhoben wurden. Bei der jahreszeitlichen Auswertung für die einzelnen Jahre wurde im Winter 2001 / 2002 eine verhältnismäßig niedrige Prävalenz festgestellt. Eine Ursache dafür war nicht ersichtlich.

Dieses Ergebnis bestätigt die Ergebnisse einer Untersuchung in Ostfrankreich (Giraudoux et al., 2002). Die *E. multilocularis*-Prävalenz der Füchse war dort im Winter (37 - 41%) generell höher als im Frühjahr (19%). Auch in Baden-Württemberg wurde im Regierungsbezirk Tübingen im Winter (50,6%, n = 265) eine signifikant höhere *E. multilocularis*-Prävalenz als im Sommer (41,3%, n = 361) gefunden (Bilger et al., 1995). In der Stadt Zürich konnte allerdings nur bei den männlichen Jungfüchsen im Winter eine höhere *E. multilocularis*-Prävalenz als im Sommer festgestellt werden (Deplazes et al., 2004).

In den CORINE-Typ Gebieten mit der Landnutzung Gras war in beiden Studien die *E. multilocularis*-Prävalenz im Winter signifikant höher als im Sommer. Auch in den anderen **Landnutzungsgebieten** ließ sich dieser Trend erkennen. Dass im Grasgebiet der jahreszeitliche Prävalenzunterschied größer war, könnte folgende Ursache haben. Durch die starke Sonneneinstrahlung im Sommer ist die Austrocknung des Bodens auf Grasflächen deutlich stärker als in Waldgebieten, in denen die Bodenfeuchte das ganze Jahr über bestehen bleibt. Dass die Bodenfeuchte ein wichtiger Faktor für den Übertragungszyklus ist, wurde von verschiedenen Autoren beschrieben. Zum Beispiel konnte Tackmann (et al., 1998) in Brandenburg bei einer Untersuchung von 4374 Füchsen während der Jahre 1992 – 1995 keine infizierten Füchse in Gebieten mit sandigen Böden oder

offensichtlich trockenen Habitaten finden. Untersuchungen zur Zwischenwirtpopulation in diesen Gebieten wurden allerdings nicht beschrieben. Die Erlegeorte der infizierten Füchse lagen beim Vergleich des mittleren Abstands und des Medians der Distanzen signifikant näher an Fließgewässern als die der nicht infizierten Tiere ($p = 0,0062$). Von 1995 – 1997 wurden bei einer weiteren Untersuchung von 3797 Füchsen in Brandenburg die Pufferzonen um die Erlegeorte der infizierten und der nicht-infizierten Füchse verglichen. Dabei wurde ein signifikant höherer Feuchtigkeitsindex in den Pufferzonen um die Erlegeorte der infizierten Füchse berechnet (Mann-Whitney U-test, $P = 0,013$) (Staubach et al., 2001). Ob die Bodenfeuchte die Entwicklung der Zwischenwirte beeinflusst, müsste geklärt werden. Eine mögliche Ursache für die Bedeutung der Bodenfeuchte ist jedenfalls deren Einfluss auf die Überlebenszeit der Echinococcen-Eier. In Baden-Württemberg wurde festgestellt, dass die Eier von *E. multilocularis* bei hohen Temperaturen oder Trockenheit schon nach wenigen Stunden ihre Infektiösität verloren, bei niedrigen Temperaturen war ihre Überlebenszeit deutlich länger (Veit et al., 1995). Dies ist eine Erklärung für den intensiveren Übertragungszyklus im Winter.

Eine weitere Ursache für die höhere *E. multilocularis*-Prävalenz der Füchse im Winter könnte die höhere Populationsdichte der Nager im Herbst nach deren Hauptfortpflanzungszeit im Sommer sein. Durch die Verfügbarkeit einer großen Menge von Nagerbiomasse kann es zu einer Spezialisierung der Füchse auf diese Nahrungsquelle kommen (Viel et al., 1999, Weber und Aubry, 1993). Diese kann wiederum eine hohe Rate von Neuinfektionen bei Füchsen im Herbst und Winter bedingen. Auch in den Feldmauspopulationen ist die *E. multilocularis*-Prävalenz im Herbst und Winter am höchsten. Im Frühjahr und Sommer konnten nur in alten überwinterten Feldmäusen Metacestoden gefunden werden. Die erste Infektion eines Jungtiers wurde im Oktober entdeckt (Delattre et al., 1988).

In verschiedenen Untersuchungen wurde eine **Altersabhängigkeit** der *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen festgestellt. Bei Jungfüchsen traf man auf eine signifikant höhere Prävalenzrate von *E. multilocularis* (Eckert et al., 2001 b, Ewald, 1990). In der vorliegenden Untersuchung wurde das Fuchsalter nicht in die Auswertung einbezogen. Da aber in beiden Studien der überwiegende Teil der

Tiere (70% beziehungsweise 80%) im Winter erlegt wurde und der Altersunterschied vor allem im Sommer und Herbst eine Rolle spielt (Tackmann et al., 1998), wird von einem geringen Einfluss des Alters in der vorliegenden Untersuchung ausgegangen.

4.5 Prävalenzverteilung in Baden-Württemberg

Die **Prävalenzverteilung in Baden-Württemberg** stellte sich bei der vorliegenden Arbeit folgendermaßen dar. Beim Vergleich der aktuellen Daten mit den *E. multilocularis*-Prävalenzen von 1974 - 1984 (Zeyhle et al., 1990) fiel auf, dass die Prävalenzen im Rheintal und in den Stadtkreisen damals schon deutlich niedriger (< 10%) waren als in den Kreisen auf der Schwäbischen Alb und den daran angrenzenden Landkreisen. In Tuttlingen und Rottweil wurden in den 80er Jahren schon *E. multilocularis*-Prävalenzen von mehr als 20% festgestellt. Dagegen lag damals die *E. multilocularis*-Prävalenz in der Oberrheinischen Tiefebene unter 5% (Zeyhle et al., 1990).

Besonders niedrig war die Infektionsintensität in der Studie 1995 - 2000 in den Stadtkreisen Mannheim, Heidelberg und Stuttgart sowie in der Rheinebene (< 30%). Die Feststellung, dass die Oberrheinische Tiefebene eine Region mit einer sehr niedrigen Prävalenz ist (Romig et al., 1999 c, Ewald, 1990), konnte somit bestätigt werden. Dass die Schwäbische Alb ein Hochendemiegebiet ist, wurde bei der Studie 1995 – 2000 ebenfalls bestätigt. Hier wurden die höchsten *E. multilocularis*-Prävalenzen (66 - 67%) gefunden. Ein neues Hochendemiegebiet wurde im Norden, im Neckar-Odenwald- (> 55%) und Rhein-Neckar-Kreis festgestellt.

Bei der Studie 2002 / 2003 entsprach die relative Verteilung der *E. multilocularis*-Prävalenz in Baden-Württemberg der mit der Studie 1995 – 2000 ermittelten Verteilung. In den Stadtkreisen Mannheim, Heidelberg und Freiburg waren die *E. multilocularis*-Prävalenzen verhältnismäßig niedrig (< 40%). Im Kreis Stuttgart wurde mit 14% die niedrigste *E. multilocularis*-Prävalenz in ganz Baden-Württemberg ermittelt. Im Norden Baden-Württembergs im Hohenlohekreis, im

Ostteil des Main-Tauber-Kreises und im Kreis Heilbronn wurde eine sehr hohe Prävalenz (> 60%) festgestellt. Diese Kreise grenzten an das Hochendemiegebiet im Neckar-Odenwald- und Rhein-Neckar-Kreis, in dem seit 2000 ein Bekämpfungsprojekt läuft. Im Süden war die *E. multilocularis*-Prävalenz in den Landkreisen Calw, Freudenstadt, Rottweil und Tuttlingen mit über 70% am höchsten.

Für die Regionen Baden-Württembergs ergab sich bei der Studie 1995 - 2000 im Norden (32%) eine signifikant niedrigere *E. multilocularis*-Prävalenz als im Süden (47%). Dagegen war in der Studie 2002 / 2003 die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz im Norden (50%) etwas höher als im Süden (47 - 48%). An diesen Ergebnissen lässt sich eine Verschiebung der Hochendemiegebiete vom Süden in den Norden Baden-Württembergs ablesen.

Die **Periodenprävalenz** ist eine Kombination aus der Punktprävalenz zu Beginn des Untersuchungszeitraumes und der Inzidenz (Zahl der Neuerkrankungen) im Untersuchungszeitraum. Sie hat eine geringere Aussagekraft als die Einzelparameter (Cannon und Roe, 1982). Alle Prävalenzstudien bei Wildtieren – so auch die vorliegende Arbeit – nutzen notwendigerweise Periodenprävalenzen, da die Bestimmung einer Punktprävalenz (gesamte Probennahme innerhalb der untersuchten Population zum selben Zeitpunkt) aus praktischen Gründen nur bei Haustierherden möglich ist.

Zunächst erfolgte die Auswertung der *E. multilocularis* Periodenprävalenz auf Gemeindeebene. Um trotz der teilweise sehr geringen Probenzahl eine realistische Prävalenzschätzung in einer Gemeinde zu ermöglichen, wurden nur Gemeinden mit einer Probenanzahl von mehr als 8 Proben pro 100 km² in die Auswertung einbezogen. Diese Probendichte wurde in beiden Studien nur in 20% aller Gemeinden erreicht.

Daher wurde in einem zweiten Schritt eine Prävalenzauswertung auf Landkreisebene durchgeführt. Durch die größere Anzahl der Proben in einer Flächeneinheit wurde ein bessere räumliche Interpretierbarkeit gewährleistet. Aus diesem Grund wurden auch die Daten aus zusammengehörigen Stadt- und Landkreisen zusammengefasst (Berke und Keyserlingk, 2001).

Im Vergleich zu der zwischen 1974 und 1984 ermittelten Periodenprävalenz von 15% für Baden-Württemberg (Zeyhle et al., 1990) war die Periodenprävalenz von 37% bei der Studie 1995 – 2000 wesentlich höher (Romig for EurEchinoReg, 2002). Bei diesen beiden Studien war die Darmabstrichmethode angewendet worden. Der Anstieg der Periodenprävalenz in Baden-Württemberg von 37% in der Studie 1995 - 2000 auf 48% in der Studie 2002 / 2003 suggeriert einen generellen Anstieg der Prävalenzlevel.

In der Studie 2002 / 2003 war aufgrund der niedrigeren Sensitivität des Koproantigen-ELISA eine Korrektur der *E. multilocularis*-Prävalenz erfolgt (Kapitel 4.2, S. 82). Trotz der Korrektur ist ein direkter Vergleich der *E. multilocularis*-Prävalenz aufgrund der unterschiedlichen Diagnostikmethoden und Untersuchungsflächen nicht zulässig. Es bleibt also offen, ob der Anstieg der *E. multilocularis*-Prävalenz in Baden-Württemberg, wie er von 1974 bis 2000 beobachtet wurde (Romig for EurEchinoReg, 2002) sich fortsetzt.

4.6 CORINE-Karte als Datengrundlage für die Landnutzung

Um die CORINE-Karte zur Landnutzungsauswertung in Baden-Württemberg verwenden zu können, musste sie zunächst mit einer Karte, die die Verwaltungsgrenzen enthielt, geschnitten werden. Die Flächendifferenzen, die sich zwischen der CORINE-Karte und der Verwaltungskarte ergaben, lagen für die Landkreisflächen bei maximal 0,5%.

Im Sommer und Herbst 2004 wurde eine eigene **Kartierung** durchgeführt, um überprüfen zu können, wie weit die Landnutzungsklassen auf der europäischen CORINE-Karte tatsächlich mit der Landnutzung in Baden-Württemberg übereinstimmen. Die Gemeinde Römerstein, die zum Landkreis Reutlingen gehört und auf der Schwäbischen Alb liegt, wurde als Beispielgemeinde ausgewählt. Ein Kriterium für diese Auswahl war, dass in Römerstein alle Landnutzungsklassen vertreten waren, deren Flächenanteile in Baden-Württemberg größer als 2% waren. Ein weiterer Grund war, dass Römerstein bei der Einteilung der CORINE-Typen als Grasgemeinde eingestuft worden war. Der CORINE-Typ „Gras-Misch“

war ihr zugeteilt worden, da der absolute Grasanteil höher als der Anteil anderer Landnutzungsarten war. Bei Studien in Frankreich war der Anteil an permanentem Grasland als wichtiger Einflussfaktor auf die Übertragungsintensität von *E. multilocularis* beschrieben worden (Giraudoux et al., 1997b). Daher erschien es sinnvoll, die Kartierung in einer Grasgemeinde durchzuführen. Außerdem werden schon seit Jahren intensive Studien in der Gemeinde Römerstein zur *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen, zu deren Aufenthaltsorten und zum Vorkommen von Nagern durchgeführt (Thoma, unveröffentlicht, Romig und Mackenstedt, 2001, Romig 1999 a, Romig 1999 c, Merli, 1996, Zeyhle, 1990, Schott und Müller, 1989, Müller und Partridge, 1974). Die Hügellandschaft dort setzt sich aus vielen kleinen Wiesen und Ackerflächen zusammen, die mit Hecken durchzogen sind. Ein Teil des Gebietes wird mit Schafen beweidet und ist durch eine spärliche Vegetation und Wachholderheide gekennzeichnet.

Bei der **Auswertung** der Kartierung lag die Schwierigkeit darin, dass es sich bei der CORINE-Karte um eine Rasterkarte und bei der neu erstellten Karte der Gemeinde Römerstein um eine Vektorkarte handelte. Außerdem war die CORINE-Karte auf Grundlage von Satellitenbildern im Maßstab 1 : 100 000 erstellt worden. Im Gegensatz dazu war die eigene Karte von Römerstein mit Hilfe einer topographischen Karte im Maßstab von 1 : 25 000 erstellt worden. Um einen sinnvollen Vergleich der beiden unterschiedlichen Karten zu ermöglichen, wurde die für Römerstein erstellte Karte in eine Rasterkarte umgewandelt. Es wurde die gleiche Pixelgröße wie auf der CORINE-Karte gewählt. Das zweite Problem war, dass die Karten auf Basis von unterschiedlichen Koordinatensystemen erstellt worden waren. Bevor der Vergleich möglich war, mussten beide Karten in ein übereinstimmendes Koordinatensystem konvertiert werden. Danach wurden beide Rasterkarten übereinander gelegt. Für jede Nutzungsart wurde verglichen, ob die Pixel auf beiden Karten gleich waren oder sich unterschieden. Dabei ergab sich eine durchschnittliche Übereinstimmung der Pixelanzahl der einzelnen Landnutzungsarten von 65%. Dieses Ergebnis konnte durch einen anschließenden Vergleich der Karten in Form von Vektorkarten bestätigt werden.

Auf der CORINE-Karte stimmte die **Acker- und Waldklasse** mit der Landnutzung in Römerstein zu etwa 60% überein, bei der **Stadtklasse** waren es sogar über 80%. Das heißt, die Stadtpixel auf der CORINE-Karte repräsentierten zu 80% Stadtflächen. Umgekehrt, entsprachen die kartierten, tatsächlich vorhandenen Stadtflächen nur zu 50% der Stadtklasse auf der CORINE-Karte. Insgesamt waren die Stadtflächen auf der CORINE-Karte deutlich kleiner als auf der für Römerstein erstellten Karte (Kapitel 2.3.3, S. 27, Abb. 8). Dies könnte an der Bebauungsentwicklung liegen. Mehrere Neubaugebiete waren erst nach der Erstellung der CORINE-Karte (1986 - 1996) entstanden.

Die **Mischklasse (CCL 20)** ist als „Nebeneinander von kleinen Äckern, die einer Fruchtfolge unterliegen, sowie von mehrjährigen Äckern und Wiesen“ definiert. Bei der Kartierung nahm sie 33% der Fläche von Römerstein ein. Aufgrund ihrer Definition kann sie sehr unterschiedlich zusammengesetzt sein. Eine unterschiedliche Zusammensetzung in verschiedenen Regionen Baden-Württembergs ist gut vorstellbar. Daher kann die Übertragung der Zusammensetzung dieser Klasse in Römerstein auf ganz Baden-Württemberg nur mit Vorbehalt erfolgen.

Kleinere Flächen einer anderen Nutzung, zum Beispiel kleine Wiesenflächen im Ackergebiet, konnten auf der CORINE-Karte nicht dargestellt werden, da bei der Erstellung der CORINE-Karte jedem Pixel für eine 250 m x 250 m große Fläche nur eine Landnutzung zugeordnet worden war. Dies führte dazu, dass nicht alle Grasflächen auf der CORINE-Karte durch die **Grassklasse** dargestellt wurden. Stattdessen wurde bei der Kartierung ermittelt, dass die Grassklasse nur zu 41% tatsächlich aus Grasflächen bestand. Die übrigen Grasflächen lagen zum Beispiel in Ackergebieten und wurden daher zur Ackerklasse gerechnet oder sie grenzten an die Ortschaften und wurden der Stadtklasse zugeschlagen. Kleine Grasflächen am Waldrand oder in Waldgebieten wurden auf der CORINE-Karte als Wald eingetragen.

Wenn man die erstellte Karte der Gemeinde Römerstein betrachtet (Anhang: Abb. 45) sieht man die **kleinräumige Struktur** der Flächen. Die meist kleinen

Wiesenflächen sind zum Beispiel gleichmäßig über die gesamte Gemeindefläche verteilt. Noch wesentlich feinstrukturierter, als auf der Karte dargestellt werden konnte, ist die tatsächliche Situation vor Ort. Aus arbeitstechnischen und Übersichtsgründen konnten Kleinstflächen mit Grasbewuchs an den Acker- und Straßenrändern nicht eingezeichnet werden.

Auf der CORINE-Karte ist die kleinräumige Struktur Römersteins weniger deutlich zu erkennen (Anhang: Abb. 48). Trotzdem fällt auf, dass die **Grasverteilung** auf der CORINE-Karte in ganz Baden-Württemberg kleinstrukturiert ist. Es gibt viele kleine, verstreute Graspixel und nur ein zusammenhängendes Grasgebiet im Allgäu. Bei der weiteren Auswertung wurden die Grasflächen durch die Gruppierung der Gemeinden zu einem Gras CORINE-Typ Gebiet zusammengefasst (Anhang: Abb. 49).

Wenn ein Gebiet eine sehr kleinräumige Struktur hat, ist der Detailverlust, der durch die Erstellung der CORINE-Karte auftritt, gravierender als in einem Gebiet mit großen zusammenhängenden Flächen. Dies muss bei einer Auswertung mit der CORINE-Karte und beim Vergleich verschiedener Gebiete berücksichtigt werden.

Als Gegenpol zu der sehr detaillierten vergleichenden Auswertung der Übereinstimmung einzelner Landnutzungsklassen wurde eine Auswertung der **Proportionen** der Landnutzungsarten durchgeführt. Das Problem, dass die Mischklasse (CCL 20) nur auf der CORINE-Karte existierte, wurde dadurch umgangen, dass die Mischklasse durch ihre für Römerstein ermittelte Aufteilung ersetzt wurde. Danach ergaben sich auf der CORINE-Karte und auf der erstellten Karte von Römerstein gleich große Anteile von Wald und Acker. Der Stadtanteil war auf beiden Karten sehr klein (5 bzw. 8%). Der Grasanteil auf der CORINE-Karte war etwas kleiner als auf der erstellten Karte. Insgesamt stimmten die Proportionen auf der CORINE-Karte und auf der erstellten Karte für Römerstein sehr gut überein. Dies zeigt, dass die CORINE-Karte im Studiengebiet für eine großräumige Beurteilung der Landnutzung gut geeignet ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die CORINE-Karte für eine kleinräumige Auswertung der Landnutzung aufgrund der festgestellten relativ geringen Übereinstimmung von nur 65% nicht geeignet ist. Allerdings stimmten die Proportionen der Landnutzungsarten überein. Daher scheinen die CORINE-Daten als Grundlage für eine regionale Einschätzung der Landnutzung jedoch geeignet zu sein.

4.7 Einfluss der Landnutzung auf die *E. multilocularis*-Prävalenz

Die Beurteilung der räumlichen *E. multilocularis*-Prävalenzverteilung wird durch die heterogene räumliche Verteilung von End- und Zwischenwirten erschwert. Diese heterogene Verteilung kann zu sehr unterschiedlichen Prävalenzleveln und zu Brennpunkten mit intensiver Übertragung führen (Eckert und Deplazes, 2004). Zum Beispiel wurden in Brandenburg zwei zeitlich stabile, große Brennpunkte (ca. 4000 km²) mit einer Prävalenz bei Füchsen von 24% gefunden. In der Umgebung war die Prävalenz (5%) signifikant niedriger (Tackmann et al., 1998). Dass es auf lokaler Ebene eine zeitlich stabile Prävalenzverteilung geben kann, konnte auch 1995 bis 1999 in zwei Landkreisen in Nord-Baden-Württemberg festgestellt werden (Romig for EurEchinoReg, 2002).

Im Folgenden werden zunächst die von anderen Autoren beschriebenen Prävalenzabstufungen in verschiedenen Landnutzungsgebieten vorgestellt. Anschließend wird die Bedeutung der vier wichtigsten Landnutzungsarten Gras, Acker, Wald und Stadt erläutert. Danach wird ein eigenes Erklärungsmodell für die landnutzungsabhängigen Prävalenzunterschiede in drei Schritten erläutert.

Unabhängig von Untersuchungszeitraum und -methode ergab sich eine **signifikante Abstufung der *E. multilocularis*-Prävalenz in den verschiedenen Landnutzungsgebieten**. In beiden Studien war die *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen in den Gras- und Ackergemeinden am höchsten, sie nahm über die Wald- zu den Stadtgemeinden hin ab.

Ein Unterschied zwischen beiden Studien bestand darin, dass die Prävalenz im Gras- und im Ackergebiet in der Studie 2002 / 2003 gleich hoch war, während bei der Studie 1995 - 2000 die Prävalenz im Grasgebiet signifikant höher als im Ackergebiet war. Um zu überprüfen, ob die unterschiedliche Probenherkunft als Ursache für diesen Unterschied gelten konnte, wurde nach einer Einteilung von Regionen die Auswertung im gemeinsamen Untersuchungsgebiet Nord-Baden-Württemberg wiederholt. Dabei ergab sich die gleiche Prävalenzabstufung bei den Daten aus beiden Studien. **Die Prävalenzen im Gras- und Ackergebiet in Nord-Baden-Württemberg unterschieden sich nicht**, waren aber signifikant höher als die Prävalenz im Wald- und Stadtgebiet.

Bei der Auswertung der Studie 1995 – 2000 war durch das Hinzufügen der Daten aus den Beköderungsgebieten zu den Daten aus dem Norden wieder eine signifikante Prävalenzabstufung vom Gras- zum Ackergebiet erkennbar. In der Studie 1995 – 2000 stammten die Daten aus dem südlichen Beköderungsgebiet von Füchsen, die vor Beginn der Beköderung, im Sommer 1995 erlegt worden waren. Damals war in diesem Gebiet eine sehr hohe Prävalenz von über 60% festgestellt worden. Die hohe Prävalenz im südlichen Beköderungsgebiet, das zu einem großen Teil aus Grasgemeinden besteht, ist eine Ursache für die signifikant höhere Prävalenz im Landnutzungsgebiet Gras in der Gesamtauswertung der Studie 1995 – 2000.

Die bei der Studie 2002 / 2003 festgestellte niedrige Prävalenz im Grasgebiet im Südosten ist eine weitere Ursache dafür, dass es bei der Gesamtauswertung dieser Studie keine signifikante Abstufung der Prävalenz von Gras- zu Ackergemeinden gibt.

In Arbeiten verschiedener Autoren wird eine Korrelation von der *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen und den verschiedenen Landnutzungsarten beschrieben.

Bei der Untersuchung von 30 Füchsen von 1997 bis 1999 in Hartmanice im Süden von Klatovy, in Tschechien wurde von Martinek (et al., 2001) eine Prävalenzabstufung in Zusammenhang mit der Landnutzung festgestellt. Das Untersuchungsgebiet bestand zu drei Vierteln aus Wiesen und Äckern und zu einem

Viertel aus Wald. Die *E. multilocularis*-Prävalenz war bei 15 Füchsen, die in einer offenen Landschaft mit Gras- und Ackergebiet erlegt worden waren, signifikant höher (87%), als bei 15 Tieren, die in der Nähe großer Waldgebiete erlegt worden waren (27%). Die Prävalenzabstufung vom **Gras- und Ackergebiet zum Waldgebiet** wurde hier auf einer sehr kleinen Fläche (17 km²) beobachtet.

Von 1995 bis 1997 wurden in Brandenburg 3521 Füchse untersucht (Staubach et al., 2001). Um den Erlegeort jedes Tieres wurde eine Pufferzone mit einem Radius von 2,5 km gezogen. In diesem Bereich wurden die Landnutzungsdaten mit der CORINE-Karte als Datengrundlage erhoben. In den Pufferzonen wurde bei den infizierten Füchsen ein höherer Grasanteil (26,8%) als bei den nicht infizierten (17,8%) gefunden. Der Waldanteil in der Pufferzone war bei den infizierten Füchsen (14,3%) kleiner als bei den nicht infizierten (25,7%). Mit den Daten dieser 3521 Füchse wurde später eine Prävalenzberechnung für die einzelnen Landnutzungsgebiete durchgeführt. Dabei konnte bei Füchsen, die im Grasgebiet erlegt worden waren, mit 4,4% eine signifikant höhere Prävalenz festgestellt werden als im Acker- und Waldgebiet. Dort entsprach die Prävalenz von 2,4% der insgesamt ermittelten Periodenprävalenz (Staubach et al., 2003). Durch diese Ergebnisse wird die Abstufung der *E. multilocularis*-Prävalenz der Füchse vom **Gras- zum Waldgebiet** bestätigt. Anders als in Baden-Württemberg war aber in Brandenburg die *E. multilocularis*-Prävalenz im **Ackergebiet** signifikant niedriger als im Grasgebiet.

Ein signifikanter Prävalenzunterschied zwischen den **Gras- und Ackergebieten** im Stadtrandbereich (67%) und der **Stadtmitte** (47%) wurde in Zürich bei der Untersuchung von 252 Fuchskotproben (1996 - 1998) festgestellt (Deplazes et al., 2004).

4.7.1 Bedeutung von Stadt, Wald, Acker und Gras

In Gemeinden mit einem Stadtanteil über 11% war die *E. multilocularis*-Prävalenz bei den Füchsen signifikant verringert. Die *E. multilocularis*-Prävalenz in der geographisch abgegrenzten Stadtzone war signifikant niedriger als in der Acker- und Graszone. Beim Prävalenzvergleich in den Landnutzungsgebieten war in

beiden Studien die *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen im **Stadtgebiet** am niedrigsten.

Diese Ergebnisse deuten daraufhin, dass eine städtisch strukturierte Gemeinde schlechtere Voraussetzungen für den Übertragungszyklus von *E. multilocularis* bietet als eine Gemeinde mit vielen Gras- und Ackerflächen.

Da Städte zu einem überwiegenden Teil aus asphaltierten und bebauten Flächen bestehen, sind sie als Lebensraum für Feld- und Schermäuse schlecht geeignet. Bei der Untersuchung des Mageninhaltes von 212 Füchsen in der Stadtmitte von Zürich wurde festgestellt, dass dieser zu über 50% aus anthropogenem Futter bestand. Nager machten nur 11 % des mittleren Anteils des gesamten Mageninhaltes aus (Contesse et al., 2004).

Trotz der vergleichsweise niedrigen *E. multilocularis*-Prävalenz im Stadtgebiet in Baden-Württemberg, stellt die Kontamination einer dicht besiedelten städtischen Gegend mit *E. multilocularis* Eiern einen potentiellen Risikofaktor für den Menschen dar. Außerdem besteht durch die Aufnahme infizierter Nager die Gefahr einer Infektion der Haushunde. Durch den engen Kontakt zum Menschen ist das Risiko einer Infektion durch Haushunde besonders hoch (Deplazes et al., 2004).

Bei der Prävalenzauswertung war diese bei Füchsen in Gemeinden mit einem sehr großen Waldanteil (> 76%) signifikant niedriger als in den restlichen Gemeinden. Außerdem war in beiden Studien die *E. multilocularis*-Prävalenz in **Waldgebieten** insgesamt signifikant niedriger als in Gras- und Ackergebieten. Diese Ergebnisse wurden bei einer Untersuchung in Brandenburg von Tackmann (et al., 1998) bestätigt. Sie stellte fest, dass große Waldgebiete für den Zyklus von *E. multilocularis* ungeeignet zu sein scheinen. Im Departement Le Doubs in Frankreich konnte ein hemmender Einfluss eines hohen Waldanteiles auf das Risiko einer Massenvermehrung von *Arvicola terrestris* nur in Gemeinden mit einem sehr hohen Grasanteil (> 90% der landwirtschaftlichen Fläche) festgestellt werden (Giraudoux et al., 1997 b).

Dass ein dichtes, zusammenhängendes Waldgebiet für die Zwischenwirte als Lebensraum schlecht geeignet ist, liegt an verschiedenen Faktoren. Zum Beispiel spielen die schlechte Belichtung und das Fehlen von Nahrungsquellen wie Gräsern und -wurzeln eine Rolle. Daher kommen in Waldgebieten Feld- und Schermäuse selten vor. Stattdessen findet man dort andere spezialisierte Waldnager, die meist geringere Populationsdichten ausbilden und als Fuchsbeute schlechter verfügbar sind (Giraudoux et al., 2003).

Auch von den Füchsen wird der Wald meist nur genutzt, um dort Baue anzulegen. Ihre Nahrung suchen sie in der Regel auf den Wiesenflächen oder im Ortsgebiet (T. Romig, D. Thoma, unveröffentlicht).

Die *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen im **Ackergebiet** war in der Studie 1995 - 2000 fast gleich hoch und in der Studie 2002 / 2003 sogar höher als im Grasgebiet. Bei der Auswertung der geographischen Zonen war die *E. multilocularis*-Prävalenz in der Ackerzone in der Hohenlohe höher als in der Graszone im Allgäu.

Diese Ergebnisse zeigen, dass im Ackergebiet ein intensiver Übertragungszyklus abläuft. Ein Grund dafür ist, dass Füchse häufig an den Feld- und Wegrändern entlang streifen (pers. Mitteilung: T. Romig, D. Thoma). Dort setzen sie auch signifikant häufiger als im offenen Grasland Kot ab (Giraudoux et al., 2002). Die kleineren Wiesenrandstreifen und Saumstrukturen wie zum Beispiel die Hecken in den Ackergebieten Baden-Württembergs sind ein guter Lebensraum für die Zwischenwirte Schermaus und Feldmaus. Die eigentlichen Ackerflächen werden von den Nagern vor allem in der Zeit vor der Ernte besiedelt, wo ihnen das Getreide als Nahrungsquelle dient. Bei der Ernte kommt es zur Abwanderung der Nager (Boye und Meinig, 2003). Eine dauerhafte Besiedelung der Äcker durch die Schermaus wird dadurch verhindert, dass ihre Tunnelnetzwerke durch das Pflügen zerstört werden. Außerdem gibt es in gepflügten Äckern im Winter keine Wurzeln von mehrjährigen Gräsern als Nahrungsgrundlage (Giraudoux et al., 1997 b).

Dass ein hoher Anteil von gepflügtem Land an der landwirtschaftlichen Fläche einen negativen Einfluss auf die Populationsdichte von der Schermaus (*Arvicola terrestris*) hat, wurde in Le Doubs, Frankreich durch Untersuchungen der Schermauspopulationen von 1989 bis 1994 festgestellt (Giraudoux et al., 1997 b). Zwischen dem Verhältnis von gepflügtem Ackerland an der Gesamtfläche einer Gemeinde und der Dauer einer Massenvermehrung von *Arvicola terrestris* konnte eine negative Korrelation nachgewiesen werden ($p = 0,006$). Gemeinden, in denen keine Massenvermehrungen stattfanden, hatten einen hohen Anteil an gepflügtem Land.

Die Landnutzungsart **Gras** hat eine besondere Bedeutung für den Übertragungszyklus von *E. multilocularis*. Für die Übertragung durch die Zwischenwirte *Microtus arvalis* und *Arvicola terrestris* scheint es ausreichend zu sein, wenn ein minimaler Anteil von Grasland in einer Gemeinde vorhanden ist. Dies ergibt sich daraus, dass die *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen in Gemeinden mit einem **Grasanteil** von weniger als 22% der gesamten Gemeindefläche signifikant niedriger war.

Angaben aus Frankreich zu Folge wurde im Gegensatz dazu ein wesentlich höherer Grenzwert für den Grasanteil in einer Gemeinde ermittelt. In der Region Franche-Comté wurden Korrelationen von der *E. multilocularis*-Prävalenz in Füchsen und der Häufigkeit menschlicher Echinococcose mit der Massenvermehrung von Nagern postuliert. Die Massenvermehrungen traten nur auf, wenn der Anteil von permanentem Grasland einen bestimmten Wert überschritt (50% beziehungsweise 85% der landwirtschaftlichen Fläche für *Microtus arvalis* beziehungsweise *Arvicola terrestris*) (Giraudoux et al., 1997, Delattre et al., 1992). Dieser Grenzwert bezog sich auf den Anteil von Grasland an der landwirtschaftlichen Fläche. Im Gegensatz dazu wurde in der vorliegenden Arbeit der Anteil von Grasland an der Gesamtfläche einer Gemeinde in Bezug zu der *E. multilocularis*-Prävalenz gesetzt. Dass der unterschiedliche Bezug sich stark auswirkt, sieht man am Beispiel der Gemeinde Römerstein. Der Anteil von Grasland an der landwirtschaftlichen Fläche liegt bei etwa 50%. Dagegen beträgt der Anteil von Grasland an der Gesamtfläche der Gemeinde nur 30%. Der Bezug des Anteils auf unterschiedliche Größen könnte also eine

Erklärung dafür sein, dass im Studiengebiet ein deutlich niedrigerer Grenzwert für den Grasanteil gefunden wurde als in Frankreich.

Dass im Untersuchungsgebiet, vor allem im Allgäu, keine zyklisch auftretenden Massenvermehrungen von Nagetieren bekannt sind, spricht für grundlegende ökologische Unterschiede zwischen den Studiengebieten in Baden-Württemberg und Franche-Comté.

Für Frankreich und China konnte in einer vergleichenden Studie gezeigt werden, dass der **Grasanteil** der Landschaft Einfluss auf das **Infektionsrisiko für den Menschen** mit *E. multilocularis* hat (Giraudoux et al., 2003).

Im Zhang und Puma Xian Gebiet in **China** in einer Landschaft mit einem hohen Busch- und Grasanteil von > 50%, war die Vorkommenshäufigkeit der Alveolären Echinococcose beim Menschen mit 2,33% beziehungsweise 2,04% (n = 1824, pos = 14 beziehungsweise 25) dreimal niedriger als in den übrigen Gebieten 6,37% (n = 1507, pos = 96).

In **Frankreich** im Departement Le Doubs war die Vorkommenshäufigkeit der Alveolären Echinococcose beim Menschen in einem Gebiet mit einem Graslandanteil < 35% fast dreimal niedriger (2,37 (x 10 000)) als in dem benachbarten Gebiet mit einem hohen Grasanteil (5,95 (x 10 000)). Als Grundlage zur Schätzung der Prävalenz der Alveolären Echinococcose wurde die durchschnittliche Bevölkerungsdichte in Frankreich herangezogen (n = 83 Patienten 1971 - 1997).

Diese Untersuchung bestätigt indirekt, dass im Grasland der Übertragungszyklus von *E. multilocularis* sehr intensiv abläuft.

4.7.2 Das Allgäu – ein großflächiges Grasgebiet

Die großflächig zusammenhängende Struktur des Graslands im Allgäu könnte eine optimale Eignung als Lebensraum für Nager vermuten lassen. Dass dies nicht der Fall ist, wurde mit der **Habitatauswertung** gezeigt.

Im Allgäu, das im Südosten Baden-Württembergs liegt, konnte kein Prävalenzunterschied bei Füchsen, die in Gemeinden mit unterschiedlicher Eignung für Nager erlegt worden waren, festgestellt werden. Stattdessen war die *E. multilocularis*-Prävalenz bei den Füchsen, die in Gemeinden mit einer sehr guten Eignung erlegt worden waren, sogar signifikant niedriger als in Gemeinden mit derselben Einstufung im Südwesten und im Norden des Landes. Damit unterschied sich der Südosten grundlegend von den anderen Regionen, in denen die *E. multilocularis*-Prävalenz bei Endwirten in den Gemeinden mit einer schlechten Habitateignung signifikant niedriger war als in den Gemeinden mit einer sehr guten Habitateignung.

Dass in der einheitlichen durch Grasland dominierten Landschaft Allgäu andere Beziehungen zwischen Landschaftsparametern und *E. multilocularis*-Prävalenz herrschen als im restlichen, eher kleinräumig strukturierten Baden-Württemberg, wurde mit der **Prävalenzauswertung** verdeutlicht.

Für die Regionen Nord- und Südwest-Baden-Württemberg ergab sich dieselbe landnutzungsabhängige Abstufung der *E. multilocularis*-Prävalenz in Füchsen wie bei der Auswertung für ganz Baden-Württemberg. Das Bild, was sich bei der Prävalenzauswertung für den Südosten Baden-Württembergs bot, unterschied sich dagegen grundlegend. Hier ergaben sich keine Unterschiede zwischen den *E. multilocularis*-Prävalenzen der verschiedenen Landnutzungsgebiete. Im Gras- und im Ackergebiet war die korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz sogar wesentlich niedriger, in Waldgebieten wesentlich höher als bei den Auswertungen in den anderen Regionen. Die höchste korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz im Südosten wurde im Stadtgebiet festgestellt. Die geringe Zahl der Gemeinden mit Stadt (11) oder Wald (20) und deren eingebettete Lage in dem zusammenhängenden Grasgebiet könnte die Ursache dafür sein, dass die Prävalenz hier höher als in den anderen Regionen war.

Das Allgäu ist eine hügelige Jungmoränenlandschaft, die von den Gletschern der letzten Eiszeit geprägt wurde. Es gibt feuchte und moorige Talbereiche sowie trockene, flachgründige Standorte auf den Anhöhen. In der Mitte des 19. Jahrhunderts entwickelte sich im Allgäu die Käsereiwirtschaft und damit verbunden eine hochspezialisierte Milchviehwirtschaft. Die Betriebe sind sehr groß, da hier lange das Anerbenrecht statt der Realteilung üblich war. Noch heute werden im

württembergischen Allgäu mehr Rinder als in allen anderen Landesteilen Baden-Württembergs gehalten. Im Jahr 2003 waren es im Landkreis Ravensburg 154 000 Rinder, davon fast 50% Milchkühe, das entspricht einer Zahl von 172 Rindern pro 100 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche. Der Durchschnittswert der in Baden-Württemberg gehaltenen Rinder liegt nur bei 43 Rindern pro 100 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg). Durch den hohen Viehbesatz ist der Gülleanfall sehr hoch, was zu einer starken Düngung der Felder führt. Das Grünland wird sehr intensiv genutzt und bis zu fünf Mal im Jahr gemäht. Auch kleinste Flächen werden beweidet.

4.7.3 Bewirtschaftung, Nutzungsintensität und Struktur von Grasflächen

Wie man am Beispiel des Allgäus sehen kann, sind nicht alle Grasflächen gleich gut als Lebensraum für Feldmaus (*Microtus arvalis*) und Schermaus (*Arvicola terrestris*) geeignet. Anhand ihrer **Bewirtschaftung, der Nutzungsintensität und der Struktur** unterscheidet sich die Eignung der Grasflächen als Nagerhabitat.

Aufgrund der **Bewirtschaftung** kann man Mähwiesen, Brachland und Viehweiden unterscheiden. Mähwiesen werden von Feldmäusen lieber als dicht bewachsenes Brachland besiedelt. Grund dafür ist ihr großes Bedürfnis nach Lichtoffenheit (Stein, 1958). In der Gemeinde Römerstein wurde auf Mähwiesen auch eine höhere Feldmausaktivität als auf beweideten Flächen festgestellt (pers. Mitteilung Romig). Weiden sind für Mäuse als Lebensraum unattraktiver, weil das Vieh die Erdhügel und Tunnelnetzwerke der Nager zerstört (Giraudoux et al., 1995). Die Beweidung einer Grasfläche kann die Aktivität der Wühlmäuse einschränken und sogar zu deren Abwandern führen.

Bei der Vergabe einer Habitateignung für die Grasflächen in der Gemeinde Römerstein wurde deren Bewirtschaftung berücksichtigt.

Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass Grasflächen mit einer hohen **Nutzungsintensität** durch kurze Abstände zwischen den Mahden weniger stark von Feldmäusen besiedelt werden als extensiv genutzte Mähwiesen in Berg-

regionen. Die Mahd der Grasflächen bewirkt verstärkte Abwanderungsbewegungen der Feldmäuse, so dass sich deren Emigration auf das 1,6- bis 10-fache erhöhen kann (Wieland, 1994, Schrey, 1984). In Bergregionen ist die Wachstumsperiode klimatisch bedingt kürzer als in tieferen Lagen. Dies führt zu einer geringeren Nutzungsintensität der dortigen Grasflächen.

In Baden-Württemberg und Thüringen konnte die Beobachtung gemacht werden, dass die typische Verteilung von extensiven Mähwiesen in Bergregionen mit der Übertragungsintensität von *E. multilocularis* korreliert war (Romig for EurEchino-Reg, 2002, Romig, unveröffentlicht, Bilger et al., 1998, Worbes und Hoffmann, 1996).

Die Düngung mit Gülle oder Kunstdünger, die auch oft ein Bestandteil der intensiven Bewirtschaftung ist, hat vermutlich auch eine Abwanderung der Nager zur Folge. Es ist gut vorstellbar, dass frisch gedüngte Wiesen von den Nagern aufgrund der geruchlichen und geschmacklichen Beeinträchtigung des Grases gemieden werden.

Nicht allein der Anteil des Graslands, sondern die eigentliche **Struktur** der Landschaft in Form eines verbindenden Grasnetzwerks ist entscheidend für die Populationsdichte von Nagern. Länge und Verbundenheit von Graskorridoren können eine größere Rolle spielen als der Anteil von permanentem Grasland an der landwirtschaftlichen Fläche (Delattre et al., 1992, Baudry und Merriam, 1988). In der Vendée, einem Gebiet in Frankreich, das im Winter regelmäßig überschwemmt wird, ist der Anteil von Grasland nicht so hoch wie in anderen Gegenden Frankreichs. Es gibt dort aber sehr viele Bäche und Kanäle, deren Ufer mit Gras bewachsen sind. Dadurch entsteht dort ein Netzwerk der Grasflächen. In der Vendee konnte Delattre trotz der jährlichen Populationsschwankungen dauerhaft eine fast ebenso hohe Nagerdichte beobachten wie in Franche-Comté (Delattre et al., 1992), obwohl es in Franche-Comté sehr große zusammenhängende Grasflächen gibt und der Anteil von permanentem Grasland sehr hoch ist. In Gebieten, in denen Dauergrünland die überwiegende Bodenbedeckung ist, besteht zwar auch ein Netzwerk der Grasflächen, dieses fällt aber als solches nicht auf.

4.7.4 Erklärungsmodell für die Bedeutung der Landnutzung

Das Erkennen einer Korrelation zwischen einem Landnutzungstyp und der *E. multilocularis*-Prävalenz im Fuchs liefert zunächst noch kein **Erklärungsmodell** für den kausalen Zusammenhang zwischen beiden. Bei einer vergleichenden Auswertung der Daten aus einem Gebiet in Süd Gansu in China und dem Departement Le Doubs in Frankreich hat Giraudoux ein Modell aufgestellt. Er beschreibt verschiedene Einflussfaktoren, die den Übertragungszyklus von *E. multilocularis* intensivieren oder limitieren können. Zu diesen Faktoren zählen die Landnutzung im Untersuchungsgebiet, die Populationsdichte der Zwischenwirte und damit deren Verfügbarkeit als Beute, die Populationsdichte und Diät der Füchse, die von diesen ausgeschiedene Eizahl und die Jahreszeit (Giraudoux et al., 2003).

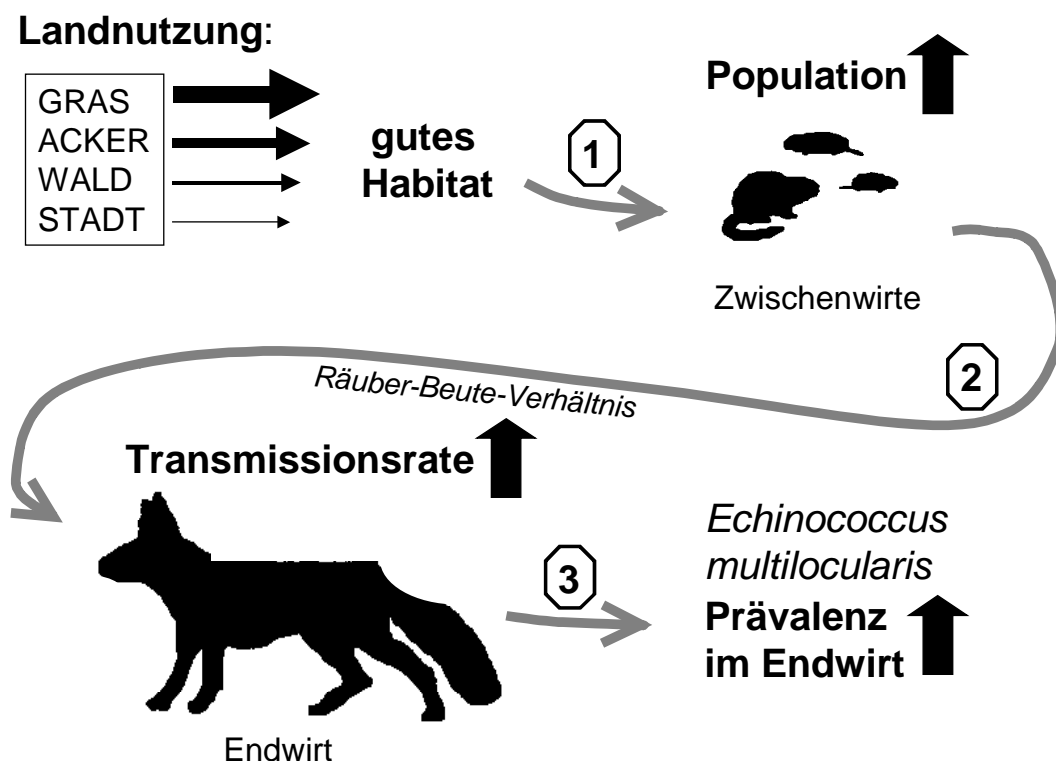


Abb. 38: Erklärungsmodell: (1) Wenn ein Gebiet aufgrund seiner Landnutzung (z.B. Gras) gut als Habitat für Nager geeignet ist, nimmt die Population der Zwischenwirte dort zu. (2) Dies führt über die Räuber-Beute-Beziehung zu einem Anstieg der Transmissionsrate (3) Der Anstieg der Transmissionsrate kann zu einer höheren *E. multilocularis*-Prävalenz bei den Endwirten führen.

Das entwickelte Erklärungsmodell untergliedert den Zusammenhang zwischen der Eignung eines Landnutzungsgebiets als Habitat für Zwischenwirte und der *E. multilocularis*-Prävalenz bei Endwirten in drei Schritte (Abb. 38).

1) Je nach Landnutzung ist ein Gebiet gut oder schlecht als Lebensraum für die Zwischenwirte Feldmaus und Schermaus geeignet. Wenn die Zwischenwirte ein gutes Habitat vorfinden, nimmt ihre Population zu.

Ein Weg, den Einfluss der Landschaft auf die Populationsdynamik der Wühlmäuse mit Rücksicht auf mehrjährige Zyklen zu beschreiben, ist die **ROMPA-Hypothese** (Lidicker, 1988). Unter ROMPA (= ratio of optimal to marginal patch areas) wird der Anteil der Landschaft mit dem optimalen Habitat für die Zielspezies verstanden. Wenn es in einem Gebiet nur wenig gute Habitate für die Nager gibt, ist der ROMPA niedrig. Die Population ist in diesem Fall stabil und klein. Wenn es in dem Gebiet viele gute Habitate gibt, ist der ROMPA groß und die Population ist stabil und groß. Mehrjährige Populationsschwankungen treten vor allem dann auf, wenn der ROMPA im mittleren Bereich liegt und es in einem Gebiet gute und schlechte Nagerhabitate gibt.

In Form der Auswertung der Indexkarten für „Römersteinindex“ und „Habitatindex“ wurde der Grundgedanke der **ROMPA-Hypothese in der vorliegenden Arbeit** für Baden-Württemberg überprüft. Die ROMPA-Hypothese geht davon aus, dass es entscheidend ist, ob eine Landnutzungsart als Habitat für Nager geeignet ist oder nicht. Die Landnutzungsklassen auf der CORINE-Karte wurden entsprechend ihrer Eignung als Habitat für Zwischenwirte eingestuft. Diese Einstufung wurde später aufgrund der Kartierung einer Gemeinde korrigiert. Sie war Grundlage für die Einteilung der Erlegegemeinden in gut oder schlecht als Zwischenwirthabitat geeignete Gemeinden. Mit dem Ergebnis einer signifikant höheren *E. multilocularis*-Prävalenz in Gemeinden mit einer guten Habitateignung als in Gemeinden mit einer sehr schlechten Habitateignung konnte die ROMPA-Hypothese für Baden-Württemberg bestätigt werden.

Die Landnutzung ist ein wichtiger Faktor, der die Populationsentwicklung von Feld- und Schermäusen beeinflusst (Giraudoux et al., 1997 b, Delattre et al., 1996,

Delattre et al., 1992). Weitere Faktoren sind die innerartliche Konkurrenz, Krankheiten, das Räuber-Beute-Verhältnis, das Klima und die Altersstruktur der Nagerpopulation (Delattre et al., 1996, Le Pesteur et al., 1992).

Nicht einbezogen wurde bei dem Erklärungsmodell die *E. multilocularis*-Prävalenz **der Zwischenwirte**. Im Durchschnitt ist sie mit < 1% sehr niedrig (Eckert 1998). Allerdings wurden in Hochendemiegebieten in der Schweiz Prävalenzen von 21 - 39% bei Schermäusen (*Arvicola terrestris*) gefunden (Stieger et al., 2002, Gottstein et al., 2001). Es ist sehr schwierig, vergleichbare Daten zur Prävalenz bei den Zwischenwirten zu erheben, da infizierte Nager räumlich sehr heterogen verteilt sind (Eckert und Deplazes, 2004). Diese Verteilung wurde bei einer Untersuchung (1983 - 1994) in Le Souillot in Frankreich deutlich, bei der für die Feldmaus (*Microtus arvalis*) Microfoci (10 m²) mit Prävalenzen von 12 – 14% entdeckt wurden, während die Prävalenz in der Umgebung nur bei 0,3% lag (Giraudoux et al., 2002).

2) Gibt es viele Mäuse, findet eine Spezialisierung des Fuchses auf diese Nahrungsquelle statt. Als Folge der Räuber-Beute-Beziehung nimmt die Transmissionsrate zu.

Wenn die Populationsdichte von Feld- und Schermaus hoch ist, stehen die Nager den Füchsen in großen Mengen zur Verfügung. Das führt dazu, dass die Füchse sich auf diese Nahrungsquelle spezialisieren (Viel et al., 1999, Weber und Aubry, 1993). Im Schweizer Jura und in Franche-Comté nahmen die Schermäuse (*Arvicola terrestris*) in der Phase ihrer hohen Populationsdichte einen Anteil von 54% der gesamten Nahrung der Füchse ein. Der Anteil an den Säugetierfutterbestandteilen in der Nahrung lag sogar bei 87% (Giraudoux et al., 2002).

Die Übertragungsdynamik von *E. multilocularis* basiert auf der Räuber-Beute-Beziehung zwischen Fleischfressern und Nagetieren und hängt von einer großen Zahl von Einflussfaktoren ab. Diese Faktoren wurden von Eckert und Deplazes (2004) tabellarisch aufgeführt.

3) Der Anstieg der Transmissionsrate kann zu einer höheren *E. multilocularis*-Prävalenz bei den Endwirten führen.

Die Transmissionsrate hängt von zahlreichen Einflussfaktoren ab, ist aber in einem Gebiet in dem viele infizierte Zwischenwirte als Beute verfügbar sind und in dem es eine große Fuchspopulation gibt besonders hoch.

Um eine Aussage über die Veränderung der Fuchspopulationsdichte über die Zeit machen zu können, wurde als Anhaltspunkt von verschiedenen Autoren die **Jagdstrecke** herangezogen, da es bisher keine andere akzeptierte Methode zur vertrauenswürdigen **Schätzung der Fuchspopulation** gibt. (Eckert et al., 2001 b, Romig, 1999 a). Um einschätzen zu können, ob sich die Fuchspopulationsdichte in den verschiedenen Landnutzungsgebieten unterscheidet, wurde ein räumlicher Vergleich der Jagdstrecke in den verschiedenen Landnutzungsgebieten gemacht. Aufgrund von Jagddruck und verschiedenen Bejagungsformen ist es beim räumlichen Vergleich der Fuchsdichten aber schwierig, eine Aussage zu machen.

Die Auswertung der Jagdstrecke in den Regionen Baden-Württembergs ergab, dass im Südosten die meisten Füchse erlegt wurden. Besonders hoch waren die Jagdstrecken im Landkreis Ravensburg und im Bodensee-Kreis (im Mittel 330 Füchse pro 100 km²). Ob die Fuchspopulation im Allgäu höher ist als in den anderen Regionen oder ob die höhere Jagdstrecke zustande kommt, weil es in der Graslandschaft einfacher ist, die Füchse zu erlegen, kann letztlich nicht beurteilt werden.

Staubach (et al., 2001) vermutete in Brandenburg eine Vorliebe der Jäger für offenes Gebiet, weil der größte Teil (57%) der 3521 Füchse, die von 1995 bis 1997 untersucht wurden, im Ackergebiet erlegt worden war. In dem vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Gebiet in Brandenburg wurden nur 18% der Tiere im Gras- und 24% der Tiere im Waldgebiet erlegt.

Es könnte sein, dass die höhere Fuchsstrecke in den Grasgemeinden (312 Füchsen pro 100 km²) in Baden-Württemberg genauso ein Zeichen dafür ist, dass in diesem Landnutzungsgebiet häufiger gejagt wird. In allen anderen Landnutzungsgebieten Baden-Württembergs war die Fuchs-strecke fast gleich

hoch (200 Füchse pro 100 km²). Dies spricht dafür, dass die Abstufung der *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen in den unterschiedlichen Gebieten nicht wesentlich durch unterschiedliche Fuchsdichten beeinflusst wird, sondern tatsächlich landnutzungsbedingt ist.

Eine positiven Korrelation zwischen der Fuchspopulationsdichte (geschätzt mit Hilfe der Jagdstatistik) und der *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen wurde in Baden-Württemberg beobachtet. Seit den 80er Jahren stieg die *E. multilocularis*-Prävalenz um das drei- bis vierfache an, während sich die Fuchspopulationsdichte verdreifachte (Romig et al., 2002).

5. Schlussfolgerung und Ausblick

Anhand von Daten aus zwei zu verschiedenen Zeiträumen und mit verschiedenen Untersuchungsmethoden durchgeführten Prävalenzstudien wurde nachgewiesen, dass die **Landnutzung** mit der räumlichen Verteilung der *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen in Baden-Württemberg korreliert ist.

Dass die **CORINE-Karte** als Datengrundlage für eine regionale Auswertung der Landnutzung gut geeignet ist, wurde durch die Kartierung der Gemeinde Römerstein (4600 ha) nachgewiesen. Die Proportionen der Landnutzungsarten der Gemeinde wurden auf der CORINE-Karte realitätsgetreu wiedergegeben. Der Vergleich der Landnutzungs-Zusammensetzung in der mit CORINE-Daten resultierte allerdings nur in einer relativ geringen Gesamtübereinstimmung von 65%. Eine Ursache war die geringe Auflösung der CORINE-Datengrundlage, bei der kleinere Wiesenflächen, die im Acker- oder Stadtgebiet eingebettet waren, nicht dargestellt werden konnten. Daher scheint die CORINE-Karte für eine kleinräumige Auswertung ungeeignet zu sein.

In Gemeinden mit anderen Strukturen und Nutzungsanteilen sollte die beispielhaft in nur einer Gemeinde durchgeführte Kartierung wiederholt werden. Dadurch könnten die Erkenntnisse über die Anwendbarkeit der CORINE-Karte im Rahmen von Prävalenzstudien ergänzt werden. Es sollte auch untersucht werden, wie sich die Zusammensetzung der Mischklasse in verschiedenen Gemeinden unterscheidet.

Die in der Studie 1995 – 2000 gefundene **signifikante Abstufung der Prävalenz von Gras- (50%) und Acker- (43%) über Wald- (31%) zu Stadtgebieten (24%)** bestätigte sich in der Studie 2002 / 2003. Diese Abstufung stimmt mit Ergebnissen anderer Autoren überein. Bei einigen Untersuchungen ließen sich landnutzungsabhängige Prävalenzabstufungen erkennen (Deplazes et al., 2004, Staubach et al., 2003, Martinek et al., 2001).

Stadtgebiete sind als Lebensraum für Nager schlecht geeignet, da sie zu einem überwiegenden Teil aus asphaltierten und bebauten Flächen bestehen. Trotz der vergleichsweise niedrigen *E. multilocularis*-Prävalenz in Städten darf aber die

Bedeutung einer Kontamination von dicht besiedelten städtischen Gegenden mit *E. multilocularis* Eiern nicht unterschätzt werden. Durch den engen Kontakt zum Menschen ist dort das Infektionsrisiko durch infizierte Haushunde oder Stadtfüchse besonders hoch (Deplazes et al., 2004).

Eine Erklärung für die niedrigen *E. multilocularis*-Prävalenz in **Waldgebieten** ist, dass dort selten Feld- und Schermäuse vorkommen. Stattdessen findet man dort andere spezialisierte Waldnager, die meist geringere Populationsdichten ausbilden und als Fuchsbeute schlechter verfügbar sind (Giraudoux et al., 2003).

Die kleinräumig strukturierten **Ackergebiete** in Baden-Württemberg, die mit Hecken und schmalen Wiesenstreifen durchsetzt sind, scheinen ein guter Lebensraum für die Zwischenwirte zu sein. Die hohen *E. multilocularis*-Prävalenzen bei Füchsen in Ackergebieten zeigen, dass dort ein intensiver Übertragungszyklus abläuft.

Für die *E. multilocularis* Übertragung scheint ein Graslandanteil von mehr als 22% der Gesamtfläche einer Gemeinde ausreichend zu sein. Die Eignung von **Grasgebieten** als Lebensraum für die Zwischenwirte hängt von Bewirtschaftung, Nutzungsintensität und Struktur ab. Eine hohe Nutzungsintensität mit häufiger Mahd und starker Düngung macht die Grasflächen im Südosten Baden-Württembergs (Allgäu) für Nager unattraktiv. Dies ist eine mögliche Ursache für die dortige gleichförmige Verteilung der *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen in den unterschiedlichen Landnutzungsgebieten.

Es wurde ein **Modell** entwickelt, um den Zusammenhang zwischen der Eignung eines Landnutzungsgebietes als Lebensraum (Habitat) für Zwischenwirte und der *E. multilocularis*-Prävalenz im Endwirt zu erklären:

1) Je nach Landnutzung ist ein Gebiet gut oder schlecht als Lebensraum für die Zwischenwirte Feldmaus und Schermaus geeignet. Wenn die Zwischenwirte ein gutes Habitat vorfinden, nimmt ihre Population zu (Giraudoux et al., 1997, Delattre et al., 1996, Delattre et al., 1992). Dieser Grundgedanke der ROMPA-Hypothese (Lidicker 1988) konnte durch die Habitatauswertung für Baden-Württemberg bestätigt werden.

2) Gibt es viele Mäuse, findet eine Spezialisierung des Fuchses auf diese Nahrungsquelle statt (Viel et al., 1999, Weber und Aubry, 1993). Als Folge der Räuber-Beute-Beziehung nimmt die Transmissionsrate zu.

3) Der Anstieg der Transmissionsrate kann zu einer höheren *E. multilocularis*-Prävalenz bei den Endwirten führen. Dass die Transmissionsrate unter anderem von der Größe einer Fuchspopulation abhängt, wird durch die Beobachtung eines parallelen Anstiegs von *E. multilocularis*-Prävalenz und Fuchspopulationsdichte seit den 80er Jahren in Baden-Württemberg bestätigt (Romig for EurEchinoReg., 2002).

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die Räuber-Beute-Beziehung Einfluss auf die Wirt-Parasit-Beziehung hat. In Gebieten, die gut für die Zwischenwirte geeignet sind, läuft der *E. multilocularis*-Übertragungszyklus intensiver ab. Um das entwickelte Erklärungsmodell für Baden-Württemberg bestätigen zu können, müssten in verschiedenen Landnutzungsgebieten Untersuchungen zur Populationsentwicklung von Nagern und zur Verteilung der *E. multilocularis*-Biomasse innerhalb der Nagerpopulation durchgeführt werden.

Unabhängig von der Landnutzung konnte von 1995 bis 2003 eine Verschiebung der *E. multilocularis* Hochendemiegebiete von Süd- nach Nord-Baden-Württemberg beobachtet werden. Zwischen 1974 und 1984 wurde durch die Untersuchung von Darmabstrichen von 7485 Füchsen in Baden-Württemberg eine Periodenprävalenz von 15% ermittelt (Zeyhle et al., 1990). Im Vergleich dazu war in der Studie 1995 – 2000 die **Periodenprävalenz** deutlich angestiegen. Bei der Untersuchung von 7218 Füchsen betrug sie 37% (Romig for EurEchinoReg, 2002). Ein direkter Vergleich der *E. multilocularis*-Prävalenz aus den Studien 1995 – 2000 und 2002 / 2003 war aufgrund der unterschiedlichen Untersuchungsmethoden und -flächen nicht legitim. Daher bleibt offen, ob das insgesamt höhere Prävalenzlevel (48%, n=5794) in der Studie 2002 / 2003 die Fortsetzung eines von 1974 bis 2000 beobachteten **Prävalenzanstiegs in Baden-Württemberg** ist (Romig for EurEchinoReg, 2002) oder ob es ein methodenbedingtes Artefakt darstellt.

Bei der **jahreszeitlichen Auswertung** war die *E. multilocularis*-Prävalenz der Füchse in beiden Studien im Winter signifikant höher als im Sommer. Dies bestätigt die Ergebnisse verschiedener anderer Autoren (Deplazes et al., 2004, Giraudoux et al., 2002, Bilger et al., 1995). Im Grasgebiet war der jahreszeitliche Prävalenzunterschied deutlicher als in den anderen Landnutzungsgebieten. Die Austrocknung der *Echinococcon*-Eier könnte hier eine Rolle spielen, da hohe Temperaturen und Trockenheit zu einem schnellen Verlust der Infektiosität dieser Eier führen können (Veit et al., 1995). Ein weiterer Faktor für die höhere *E. multilocularis*-Prävalenz im Winter könnten die hohe Populationsdichte der Zwischenwirte im Herbst und die dadurch auf Nager spezialisierte Ernährung der Füchse (Viel et al., 1999, Weber und Aubry, 1993) sein.

Die **Wurmbürde** wurde bei der Untersuchung von 7218 Füchsen (1995 – 2000) mit der Darmabstrichmethode bestimmt. Ein Zusammenhang zwischen der Infektionsintensität der Füchse und der *E. multilocularis*-Prävalenz konnte in Landkreisen und Landnutzungsgebieten nachgewiesen werden. In Hochprävalenzgebieten war die mittlere Wurmanzahl im Darmabstrich größer als in Niedrigprävalenzgebieten. Vermehrte Superinfektionen der Füchse könnten die Ursache für das gehäufte Vorkommen von Massenbefällen mit *E. multilocularis* sein. Außerdem konnte in Landnutzungsgebieten und Landkreisgruppen eine Abstufung vom Anteil der schwach infizierten Füchse (CH2: 6 - 50 Würmer) zum Anteil der massiv infizierte Füchse (CH4: > 1000) festgestellt werden. Allerdings passte die niedrigste Infektionskategorie (CH1: < 6 Würmer) nicht in diese Abstufung. Eine Erklärung für ihren niedrigen Anteil wäre, dass bei Füchsen mit extrem niedriger Infektionsintensität möglicherweise die wenigen vorhandenen Würmer mit der Darmabstrichmethode häufiger als bei anderen Intensitätsstufen übersehen werden. Um diese Hypothese bestätigen zu können, müssten weitere Studien zum Infektionslevel durchgeführt werden. Ob es einen Zusammenhang zwischen dem Infektionslevel und der Menge der Eiausscheidung bei Endwirten gibt, müsste geprüft werden.

Die beobachtete Prävalenzverschiebung von Süd- nach Nord sowie der Einfluss der Wurmbürde zeigen, dass die *E. multilocularis*-Prävalenz nicht nur von den Landnutzungsfaktoren bestimmt wird. Somit lässt sich die Hypothese aufstellen, dass durch Landschaftsparameter zunächst nur unterschiedliche Übertragungspotentiale festgelegt sind. Innerhalb dieser Potentiale legen jedoch zusätzliche Faktoren die aktuelle *E. multilocularis*-Prävalenz fest. Dazu können klimatische, jahreszeitbedingte Faktoren gehören, aber auch die Populationszyklen von Nagetieren oder anthropogene Einflüsse auf die Bestandsentwicklung von Füchsen (z.B. Jagddruck oder Tollwutbekämpfung). Um den Einfluss und den temporären Verlauf solcher nicht landschaftsbedingter Parameter abschätzen zu können, sollten „Sentinel-Gebiete“ in unterschiedlichen Regionen mit unterschiedlichen Landschaftsparametern für ein langfristiges Monitoring eingerichtet werden.

6. Literaturverzeichnis

Ballek D., Takla M., Ising-Vollmer S. & Stoye M. (1992): Zur Helminthenfauna des Rotfuchses (*Vulpes vulpes*, Linné 1758) in Nordhessen und Ostwestfalen. Teil 1: Zestoden. Dtsch. tierärztl. Wschr. 99, 353 – 392.

Baudry J. & Merriam H.G. (1988): Connectivity and connectedness: functional versus structural patterns in landscapes. In: Schreiber K.F. (Hrsg.): Connectivity in landscape ecology. Proceedings of the 2nd international seminar of the „International Association for Landscape Ecology“, Münstersche Geographische Arbeiten 29, Münster, 23 – 28.

Berke O. & von Keyserlingk M. (2001): Aufwärtstrend bei der Prävalenz des kleinen Fuchsbandwurmes (*Echinococcus multilocularis*) in Niedersachsen. Dtsch. tierärztl. Wschr. 108, 201 – 205.

Bilger B., Veit P., Müller V., Merckelbach A., Kersten D., Stöppler H. & Lucius R. (1995): Weitere Untersuchungen zum Befall des Rotfuchses mit *Echinococcus multilocularis* im Regierungsbezirk Tübingen. Tierärztl. Umschau 50: 465 – 470.

Bilger B., Janka S., Stoye M., Mackenstedt U. & Romig T. (1998): Prävalenzentwicklung und räumliche Verteilung von *Echinococcus multilocularis* im Rotfuchs im nördlichen Baden-Württemberg, Abstracts, 18. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Parasitologie, Dresden.

Boye P. & Meinig H. (Hrsg.) (2003): Nagetiere in der Agrarlandschaft. Populationsökologie, Konkurrenz, Biotopverbund. Laurenti Verlag, Bielefeld, 158 pp.

Burrows R. & Matzen K. (1981): Der Fuchs, 2nd ed. München, Wien, Zürich: BLV Verlagsgesellschaft.

Cannon R.M. & Roe R.T. (1982): Livestock disease surveys: a field manual for veterinarians. Australian Bureau of Animal Health, Canberra, 35 pp.

Christofi G., Deplazes P., Christofi N., Tanner I., Economides P. & Eckert J. (2002): Screening of dogs for *Echinococcus granulosus* coproantigen in a low endemic situation in Cyprus. Veterinary Parasitology 104, 299 – 306.

Contesse P., Hegglin D., Gloor S., Bontadina F. & Deplazes P. (2004): The diet of urban foxes (*Vulpes vulpes*) and the availability of anthropogenic food in the city of Zürich, Switzerland. Mamm. Biol. 69, (2), 81 – 95.

- Delattre P., Pascal M., Le Pesteur M.H., Giraudoux P. & Damange J.P.** (1988): Caractéristiques écologiques et épidémiologiques de l' *Echinococcus multilocularis* au cours d'un cycle complet des populations d'un hôte intermédiaire (*Microtus arvalis*). Can. J. Zool., 66, 12, 2740 – 2750.
- Delattre P., Giraudoux P. & Quéré J.P.** (1990): Conséquences épidémiologiques de la réceptivité d'un nouvel hôte intermédiaire du Ténia multiloculaire (*Echinococcus multilocularis*) et de la localisation spatio-temporelle des rongeurs infestés. CR Acad. Sci., Paris 310 (III), 339 -344.
- Delattre P., Giraudoux P., Baudry J., Musard P., Toussaint M., Truchetet D., Stahl P., Poule M.L., Artois M., Damange J.P. & Quéré J.P.** (1992): Land use patterns and types of common vole (*Microtus arvalis*) population kinetics. Agric. Ecosyst. Environ., 39, 153 – 169.
- Delattre P., Giraudoux P., Baudry J., Quéré J.P. & Fichet E.** (1996): Effect of landscape structure on common vole (*Microtus arvalis*) distribution and abundance at several space scales. Landscape Ecology 11, 279 – 288.
- Denzin N., Schliephake A. & Staubach C.** (2004): Zum Vorkommen von *Echinococcus multilocularis* bei Rotfüchsen in Sachsen-Anhalt: Anwendung moderner Verfahren der räumlichen Epidemiologie zur Identifizierung von Gebieten mit erhöhtem Risiko. Amtstierärztl. Dienst und Lebensmittelkontrolle, 11. Jahrgang (2), 105 - 111.
- Deplazes P., Gottstein B., Eckert J., Jenkins D.J., Ewald D. & Jimenez-Palacios S.** (1992): Detection of *Echinococcus* coproantigens by enzyme-linked immunosorbent assay in dogs, dingoes and foxes. Parasitol. Res. 78, 303 - 308.
- Deplazes P. & Eckert J.** (1996): Diagnosis of the *Echinococcus multilocularis* infection in final hosts. Appl. Parasitol. 37, 245 - 252.
- Deplazes P.** (1997): Immunologie sowie Immun- und Molekulardiagnostik des *Echinococcus*- und *Taenia*- Befalls bei Hund und Fuchs. Habil.-Schrift, Universität Zürich, 122 pp.
- Deplazes P., Alther P., Tanner I., Thompson R.C.A. & Eckert J.** (1999): *Echinococcus multilocularis* coproantigen detection by enzyme-linked immunosorbent assay in fox, dog and cat populations. J.Parasitol. 85 (1), 115 – 121.
- Deplazes P., Dinkel A. & Mathis A.** (2003): Molecular tools for studies on the transmission biology of *Echinococcus multilocularis*, Parasitology 127, 53 – 61.
- Deplazes P., Hegglin D., Gloor S. & Romig T.** (2004): Wilderness in the city: the urbanization of *Echinococcus multilocularis*. Trends in Parasitol. 20, 77 – 84.

- Dinkel A., von Nickisch-Rosenegk M., Bilger B., Merli M., Lucius R. & Romig T. (1998):** Detection of *Echinococcus multilocularis* in the definitive host: coprodiagnosis by PCR as an alternative to necropsy. J. clin. Microbiol. 36, 1871 – 1876.
- Eckert J., Deplazes P., Ewald D. & Gottstein B. (1991):** Parasitologische und immunologische Methoden zum Nachweis von *Echinococcus multilocularis* bei Füchsen. Mitt. Österr. Ges. Tropenmed. Parasitol. 13, 25 - 30.
- Eckert J. (1996):** Der „gefährliche Fuchsbandwurm“ (*Echinococcus multilocularis*) und die alveoläre Echinokokkose des Menschen in Mitteleuropa. Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 109, 202 - 210.
- Eckert J. (1998):** Alveolar echinococcosis (*Echinococcus multilocularis*) and other forms of echinococcosis (*Echinococcus oligarthrus* and *Echinococcus vogeli*). In: Palmer S.R., Soulsby E.J.L. & Simpson D.I.H. (ed.): Zoonoses. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom, 689 – 716.
- Eckert J. & Deplazes P. (1999):** Alveolar echinococcosis in humans: The current situation in central europe and the need for countermeasures. Parasitol. Today 15, (8), 315 - 319.
- Eckert J., Deplazes P., Craig P.S., Gemmell M.A., Gottstein B., Heath D., Jenkins D.J., Kamiya M. & Lightowlers M. (2001 a):** Echinococcosis in animals: clinical aspects, diagnosis and treatment. In: Eckert J., Gemmell M.A., Meslin F.X. & Pawlowski Z.S. (eds.): WHO / OIE Manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern. World Organisation for Animal Health, Paris, 72 - 99.
- Eckert J., Rausch R.L., Gemmell M.A., Giraudoux P., Kamiya M., Liu F.J., Schantz P.M. & Romig T. (2001 b):** Epidemiology of *Echinococcus multilocularis*, *Echinococcus vogeli* and *Echinococcus oligarthrus*. In: Eckert J., Gemmell M.A., Meslin F.X. & Pawlowski Z.S. (eds.): WHO / OIE Manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern. World Organisation for Animal Health, Paris, 164 - 182.
- Eckert J. & Deplazes P. (2004):** Biological, epidemiological and clinical aspects of echinococcosis, a zoonosis of increasing concern. Clinical Microbiology reviews, American Society for Microbiology 17, (1), 107 – 135.
- Estabrook C. B. & Estabrook G. F. (1989):** Actus: a solution to the problem of small samples in the analysis of two-way contingency tables. Hist. Meth. 82, 5 - 8.
- Ewald D. (1990):** Die Verbreitung des Fuchsbandwurmes *Echinococcus multilocularis* bei Fuchs (*Vulpes vulpes*) und Bisam (*Ondatra zibethicus*) im Regierungsbezirk Freiburg. Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz 15, 81 – 99.

Ewald D. (1993): Prävalenz von *Echinococcus multilocularis* bei Rotfüchsen (*Vulpes vulpes* Linné 1758) in der Nord-, Ost- und Südschweiz sowie im Fürstentum Liechtenstein. Diss. Phil. II, Universität Zürich.

Giraudoux P., Delattre P., Quéré J.P. & Damange J.P. (1994): Distribution and kinetics of rodent populations in a region under agricultural land abandonment. *Acta Oecol.* 15, 385 – 400.

Giraudoux P., Pradier B., Delattre P., Deblay S., Salvi D. & Defaut R. (1995): Estimation of water vole abundance by using surface indices. *Acta Theriologica* 40, (1), 77 – 96.

Giraudoux P., Vuitton D.A., Bresson-Hadni S., Craig P., Bartholomot B., Barnish G., Laplante J.-J., Zhong S.D. & Lenys D. (1996): Mass screening and epidemiology of alveolar echinococcosis in France, western Europe, and Gansu, central China: from epidemiology towards transmission ecology. In: Uchino J. & Sato N. (eds): *Alveolar echinococcosis. Strategy for eradication of alveolar echinococcosis of the liver.* Fuji Shoin, Sapporo, Japan, 197 – 211.

Giraudoux P., Delattre P., Quéré J.P., Labadie M.H. & Damange J.P. (1997 a): How does *Echinococcus multilocularis* cycle function? *Arch. Int. Hidatid.* 32, 156 - 158.

Giraudoux P., Delattre P., Habert M., Quéré J.P., Deblay S., Defaut R., Duhamel R., Moissenet M.F., Salvi D. & Truchetet D. (1997 b): Population dynamics of fossorial water vole (*Arvicola terrestris scherman*): a land usage and landscape perspective. *Agric. Ecosyst. Environ.* 66, 47 – 60.

Giraudoux P., Romig T. & Eckert J. (2001): Age determination in foxes. In: Eckert J., Gemmel M.A., Meslin F.X. & Pawlowski Z.S. (eds.): *WHO / OIE Manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern.* World Organisation for Animal Health, Paris, 191 -194.

Giraudoux P., Delattre P., Takahashi K., Raoul F., Quéré J.P., Craig P. & Vuitton D. (2002): Transmission ecology of *Echinococcus multilocularis* in wildlife: what can be learned from comparative studies and multiscale approaches? In: Craig P. and Pawlowski Z. (ed.): *Cestode zoonoses: echinococcosis and cysticercosis, an emergent and global problem.* IOS Press, Amsterdam, The Netherlands, 251 – 266.

Giraudoux P., Craig P.S., Delattre P., Bao G., Bartholomot B., Harraga S., Quéré J.P., Raul F., Wang Y., Shi D. & Vuitton D.A. (2003): Interactions between landscape changes and host communities can regulate *Echinococcus multilocularis* transmission. *Parasitol.* 127, 121 – 131.

Grimm F. (2001): Determination of performance characteristics for immunodiagnostic assays. In: Eckert J., Gemmel M.A., Meslin F.X. & Pawlowski Z.S. (eds.): *WHO / OIE Manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern.* World Organisation for Animal Health, Paris, 66 – 69.

- Gottstein B., Saucy F., Deplazes P., Reichen J., Demierre G., Busato A., Zürcher C. & Pugin P.** (2001): Is high prevalence of *Echinococcus multilocularis* in wild and domestic animals associated with disease incidence in humans? *Emerg. Infect. Dis.* 7, 408 - 412.
- Hegglin D.** (2003 a): Anthelmintic baiting of foxes against urban contamination with *Echinococcus multilocularis*. *Emerg. Infect. Dis.* 9, 1266 – 1272.
- Hegglin D.** (2003 b): The fox tapeworm (*Echinococcus multilocularis*) and the red fox (*Vulpes vulpes*) in the urban habitat: ecological and epidemiological aspects and an evaluation of an intervention strategy. PhD Thesis, University of Zürich, 229 pp.
- Heydon M.J. & Reynolds J.C.** (2000): Fox (*Vulpes vulpes*) management in three contrasting regions of Britain, in relation to agricultural and sporting interests. *J. Zool.* 251, 237 – 252.
- Hildreth M.B., Sriram S., Gottstein B., Wilson M. & Schantz P.M.** (2000): Failure to identify alveolar echinococcosis in trappers from south dakota in spite of high prevalence of *Echinococcus multilocularis* in wild canids, *J. Parasitol.* 86 (1), 75 – 77.
- Hofer S., Gloor S., Müller U., Mathis A., Hegglin D. & Deplazes P.** (2000): High prevalence of *Echinococcus multilocularis* in urban red foxes (*Vulpes vulpes*) and voles (*Arvicola terrestris*) in the city of Zurich, Switzerland. *Parasitology* 120, 135 - 142.
- Janka S. & Stoye M.** (1998): Untersuchungen zum Vorkommen von *Echinococcus multilocularis* und *Trichinella spiralis* beim Rotfuchs (*Vulpes vulpes* Linné 1758) im Regierungsbezirk Karlsruhe. *Tierärztl. Umschau* 53, 221 - 226.
- Kapel C.M.O. & Saeed I.** (2000): -*Echinococcus multilocularis* - en ny zoonotisk parasit i Danmark. *Dansk Veterinær. Tidsskrift* 83, 14 - 16.
- Kulldorf M. & Nagarwalla N.** (1995): Spatial disease clusters: detection and inference. *Statistics in Medicine* 14, 799 - 810.
- Labhardt F.** (1990): Der Rotfuchs. Paul Parey, Hamburg / Berlin, 158 pp.
- Le Pesteur M.H., Giraudoux P., Delattre P., Damange J.P. & Quéré J.P.** (1992): Spatiotemporal distribution of four species of cestodes in a landscape of mid-altitude mountains (Jura, France). *Ann. Parasitol. hum. comp.* 67, 155 – 160.
- LGA (Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg) & Institut für Zoologie der Universität Hohenheim** (2004): Der kleine Fuchsbandwurm. Information, Merkblatt.
- Lidicker W.Z. jr.** (1988): Solving the enigma of microtine “cycles”. *Journal of Mammalogy* 69, 225 - 235.

- Lidicker W.Z.** (2000): A food web / landscape interaction model for microtine density cycles. *Oikos* 91, 432 - 445.
- Losson B., Kervyn T., Detry J., Pastoret P.P., Mignon B. & Brochier B.** (2003): Prevalence of *Echinococcus multilocularis* in the red fox (*Vulpes vulpes*) in southern Belgium, *Vet. Parasitol.* 117, 23 - 28
- Lloyd H.G.** (1980): The Red Fox. London: B.T.Batsford LTD.
- Lutz H. & Winkler G.C.** (1995): Über die diagnostische Spezifität und Sensitivität und die Bedeutung der Krankheitshäufigkeit. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 137, 237 - 242.
- Macdonald D.** (1993): Unter Füchsen. Eine Verhaltensstudie. München: Kneesebeck GmbH & Co. Verlags KG.
- Martinek K., Kolrova L. & Cervený J.** (2001): *Echinococcus multilocularis* in carnivores from the Klatovy district of the Czech Republic, *Journal of Helminthology* 75, 61 – 66.
- Merli M.** (1996): Vorkommen und Diagnostik von *Echinococcus multilocularis* Leuckart, 1863 und anderen Cestodenlarven in Feld- und Schermäusen auf der Schwäbischen Alb, Diplomarbeit, Universität Hohenheim.
- Müller B. & Partridge A.** (1974): Über das Vorkommen von *Echinococcus multilocularis* bei Tieren in Südwürttemberg. *Tierärztl. Umschau* 29: 602 – 612.
- Nonaka N., Iida M., Yagi K., Ito T., Ooi H.K., Oku Y. & Kamiya M.** (1996): Time course of coproantigen excretion in *Echinococcus multilocularis* infections in foxes and an alternative definite host, golden hamsters. *Int. J. Parasitol.* 26, 1271 – 1278.
- Nothdurft H.D., Jelinek T., Mai A., Sigl F., von Sonnenburg F. & Löscher T.** (1995): Epidemiology of alveolar echinococcosis in southern Germany (Bavaria). *Infection* 23, 85 - 88.
- Pawlowski Z.S., Eckert J., Vuitton D.A., Ammann R.W., Kern P., Craig P.S., Dar K.F., De Rosa F., Filice C., Gottstein B., Grimm F., Macpherson C.N.L., Sato N., Todorov T., Uchino J., von Sinner W. & Wen H.** (2001): Echinococcosis in humans: clinical aspects, diagnosis and treatment. In: Eckert J., Gemmel M.A., Meslin F.X. & Pawlowski Z.S. (eds.): WHO / OIE Manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern. World Organisation for Animal Health, Paris, 20 – 66.
- Posselt A.** (1928): Der Alveolarechinokokkus und seine Chirurgie. In: Hosemann G., Schwarz E., Lehmann J.C. & Posselt A. (eds.): Neue deutsche Chirurgie 40. Band: Die Echinokokkenkrankheit, Ferdinand Enke, Stuttgart, pp.

- Romig T.** (1996): Zum Status von *Echinococcus multilocularis* in Baden-Württemberg. RKI-Hefte 14: 44 – 50.
- Romig T., Bilger B., Dinkel A., Merli M. & Mackenstedt U.** (1999 a): *Echinococcus multilocularis* in animal hosts: new data from western Europe. Helminth. 36, (3), 185 – 191.
- Romig T., Bilger B. & Mackenstedt U.** (1999 b): Zur aktuellen Verbreitung und Epidemiologie von *Echinococcus multilocularis*. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 106, 352 – 357.
- Romig T., Kratzer W., Kimmig P., Frosch M., Gaus W., Flegel W.A., Gottstein B., Lucius R., Beck K. & Kern P. for the Römerstein study group** (1999 c): An epidemiological survey of human alveolar echinococcosis in southwestern Germany. Am. J. Trop. Med. Hyg. 61, 566 - 573.
- Romig T. & Mackenstedt U.** (2001): Forschungsvorhaben „Bekämpfung des Fuchsbandwurms“ Projektbericht (01.12.94 - 30.04.01).
- Romig T. for EurEchinoReg** (2002): Spread of *Echinococcus multilocularis* in Europe?. In: Craig P. & Pawlowski Z. (eds.): Cestode zoonoses: echinococcosis and cysticercosis, an emergent and global problem. IOS Press, Amsterdam, The Netherlands, 65 – 80.
- Romig T.** (2003): Epidemiology of echinococcosis. In: Langenbecks Arch. Surg. 388 (4), Springer Verlag, Berlin, 209 – 217.
- Sakai H., Nonaka N., Yagi K., Oku Y. & Kamiya M.** (1998): Coproantigen detection in a survey of *Echinococcus multilocularis* infection among red foxes, *Vulpes vulpes schrenki*, Hokkaido, Japan, Journal of Veterinary Medical Science 60, 639 – 641.
- Schantz P.M., Chai J., Craig P.S., Eckert J., Jenkins D.J., Macpershon C.N.L. & Thakur A.** (1995): Epidemiology and control of hydatid disease. In: Thompson R.C.A. & Lymbery A.J. (Hrsg.): Echinococcus and hydatid disease. CAB International, Wallingford.
- Schelling U., Schäfer E., Pfister T. & Frank W.** (1991): Zur Epidemiologie des *Echinococcus multilocularis* im nordöstlichen Baden-Württemberg. Tierärztl. Umschau 46, 673 – 676.
- Schelling U.** (1992): Studie zur Kontrolle und zum Vorkommen von *Echinococcus multilocularis* (Leukart 1863) in einem süddeutschen Verbreitungsgebiet. Diss. Biol. Fak. Hohenheim.
- Schelling U., Frank W., Will R., Romig T. & Lucius R.** (1997): Chemotherapy with praziquantel has the potential to reduce the prevalence of *Echinococcus multilocularis* in wild foxes (*Vulpes vulpes*), Annals of Tropical Medicine and Parasitology 91, (2), 179 – 186.
- Schott E. & Müller B.** (1989): Zum Vorkommen von *Echinococcus multilocularis* beim Rotfuchs im Regierungsbezirk Tübingen. Tierärztl. Umschau 44, 367 – 370.

- Schmitt M., Saucy F., Wyborn W. & Gottstein B.** (1997): Befall von Schermäusen (*Arvicola terrestris*) mit Metazestoden von *Echinococcus multilocularis* im Kanton Freiburg (Schweiz). Schweizer Arch. Tierheilkd. 139, 84 – 93.
- Schrey E.** (1984): Untersuchungen zur Ökologie und Populationsdynamik der Feldmaus -*Mikrotus arvalis* (Pallas)- als Grundlage für die Entwicklung integrierter Bekämpfungsverfahren. Forschungsbericht, Pflanzenschutzamt Oldenburg, 287 pp.
- Sréter T., Széll Z., Egyed Z. & Varga I.** (2003): *Echinococcus multilocularis*: An emerging pathogen in Hungary and Central Eastern Europe?. Emerg. Inf. Diseases 9, (3), 384 – 386.
- Staubach C., Tackmann K., Löschner U., Mix H., Thulke H.-H., Selhorst T., Busse W., Hugh-Jones M. & Conraths F.J.** (2003): Das räumliche Vorkommen von *Echinococcus multilocularis* bei Füchsen im Spiegel sich ändernder ökologischer Parameter des Wirtshabitates. ESRI EUROPEAN USER CONFERENCE.
- Staubach C., Thulke H.-H., Tackmann K., Hugh-Jones M. & Conraths F.J.** (2001): Geographic Information System - aided analysis of factors associated with the spatial distribution of *Echinococcus multilocularis* infections of foxes. Am. J. Trop. Med. Hyg. 65, (6), 943 – 948.
- Stein G.H.W.** (1958): Die Feldmaus, Wittenberg Lutherstadt (Ziemschen).
- Stieger C., Hegglin D., Schwarzenbach S., Mathis A & Deplazes P.** (2002): Spatial and temporal aspects of urban transmission of *Echinococcus multilocularis*, Parasitol. 124, 631 – 640.
- Tackmann K., Löschner U., Mix H., Staubach C., Thulke H.H. & Conraths F.J.** (1998): Spatial distribution patterns of *Echinococcus multilocularis* (Leuckart 1863) (Cestoda: Cyclophyllidae: Taeniidae) among red foxes in an endemic focus in Brandenburg, Germany. Epidemiol. Infect. 120, 101 - 109.
- Tackmann K., Löschner U., Mix H., Staubach C., Thulke H.H., Ziller M. & Conraths F.J.** (2001 a): A field study to control *Echinococcus multilocularis* - infections of the red fox (*Vulpes vulpes*) in an endemic focus, Epidemiol. Infect. 127, 577 – 587.
- Tackmann K., Selhorst T., Staubach C & Conraths F.J.** (2001 b): Epidemiological approaches in the study of the *Echinococcus multilocularis* infection in foxes. In: Eckert J., Gemmel M.A., Meslin F.X. & Pawlowski Z.S. (eds.): WHO / OIE Manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern. World Organisation for Animal Health, Paris, 182 - 188.

- Thulke H.H., Tischendorf L., Staubach C., Grimm V., Jeltsch F., Müller M.S., Müller T., Selhorst T., Goretzki H., Schlüter H. & Wissel C.** (1998): Vom ökologischen Modell zum Management: Einblicke in die Dynamik des Fuchs- Tollwut- Systems, Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 28, 263 – 272.
- Veit P., Bilger B., Schad V., Schäfer J., Frank W. & Lucius R.** (1995): Influence of environmental factors of the infectivity of *Echinococcus multilocularis* eggs. Parasitology 110, 79 – 86.
- Viel J.F., Giraudoux P., Abrial V. & Bresson-Hadni S.** (1999): Water vole (*Arvicola terrestris scherman*) density as risk factor for human alveolar echinococcosis. Am. J. Trop. Med. Hyg. 61, 559 – 565.
- Vogel H.** (1955): Über den Entwicklungszyklus und die Artzugehörigkeit des europäischen Alveolarechinococcus. Dtsch. Med. Wschr. 80, 931 – 932.
- Weber J.M. & Aubry S.** (1993): Predation by foxes, *Vulpes vulpes*, on the fossorial form of the water vole, *Arvicola terrestris Scherman*, in western Switzerland. J. Zool. 229, 553 - 559.
- Wessbecher H., Dalchow W. & Stoye M.** (1994): Zur Helminthenfauna des Rotfuchses (*Vulpes vulpes* Linné, 1758) im Regierungsbezirk Karlsruhe. Teil 1: Zestoden. Dtsch. tierärztl. Wschr. 101, 322 – 326.
- Wieland H.** (1994): Untersuchungen zur Migration und zu entsprechenden Möglichkeiten der Schadensabwehr der Feldmaus (*Microtus arvalis*). Mittl. Biol. Bundesanstalt Land- u. Forstwirtschaft 301: 204.
- Wildforschungsstelle** des Landes Baden-Württemberg, Landesjagdbericht 2001 bis 2004, Aulendorf.
- Worbes H. & Hoffmann L.** (1996): Epidemiologische Untersuchungen zum Vorkommen von *Echinococcus multilocularis* in Thüringen. In: Tackmann K. & Janitschke K. (eds.): Zur epidemiologischen Situation des *Echinococcus multilocularis* - breitet sich eine gefährliche Parasitose in der Bundesrepublik Deutschland aus? TKI-Hefte 14, 98 – 110.
- World Health Organization (WHO)** (1992): WHO Expert Committee on Rabies, Eighth Report. WHO Technical Reports Series 824, WHO, geneva, 84 pp.
- Zeyhle E., Abel M. & Frank W.** (1990): Epidemiologische Untersuchungen zum Vorkommen von *Echinococcus multilocularis* bei End- und Zwischenwirten in der Bundesrepublik Deutschland. Mitt. Österr. Ges. Tropenmed. Parasitol. 12, 221 – 232.

7. Anhang mit Abbildungen

A

DARMABSTRICH	ELISA	
	POSITIV	NEGATIV
NEGATIV (n = 82)	8	74
POSITIV (n = 102)	67	35
Unspezifität: 10% CI 95%: 4-19		
Sensitivität: 66% CI 95%: 56-75		

B

Würmer	Füchse	Positive(ELISA)	mittlerer OD index(%)	Sensitivität(%)
0	82	8	16	
1-10	32	13	49,9	41
11-100	41	27	71,5	66
> 100	29	27	118,6	93

Tab. 8: (A) Evaluierung des Koproantigen-ELISA (Chekit Echinotest, Intervet, Dr. Bommeli-AG, CH-3097 Bern, Charge Nr. 113-007) bei 184 Füchsen aus dem Landkreis Starnberg, Bayern, mit der Darmabstrichmethode als Referenz. (B) Darstellung der gezählten Würmer im Darmabstrich, des mittleren OD Index und der Sensitivität der 184 Füchse (Romig et al., unveröffentlicht).

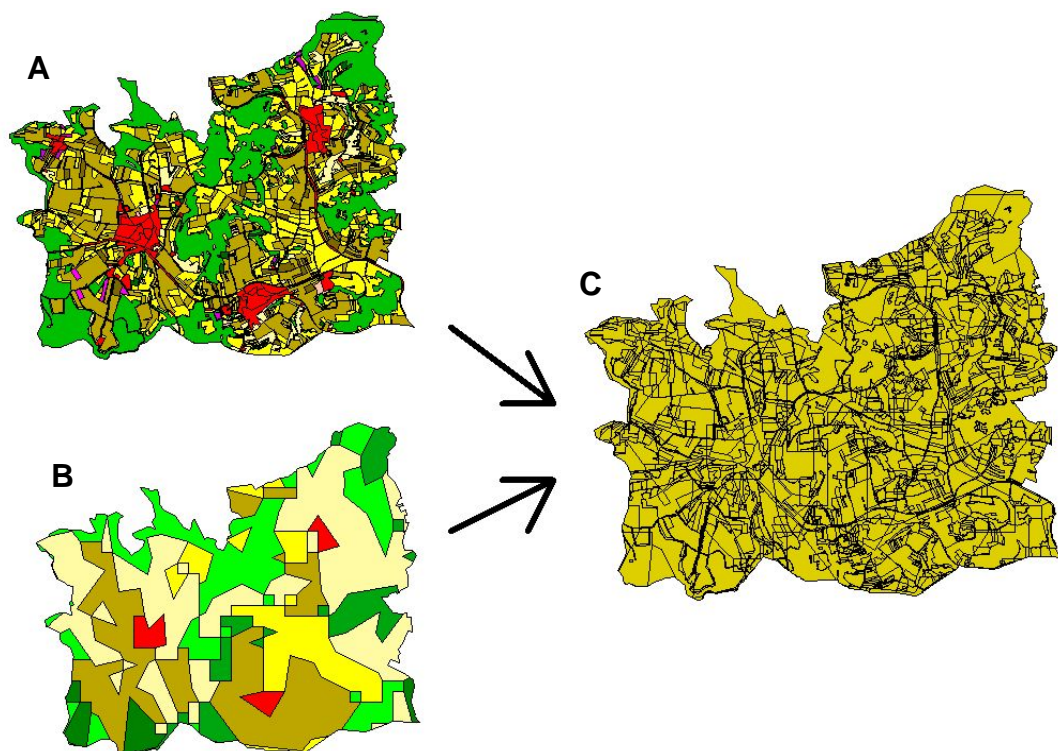


Abb. 39: Durch das Schneiden der nach der Kartierung der Gemeinde Römerstein im Herbst 2004 erstellten Vektorkarte (A) mit der CORINE-Vektorkarte (B) entstand mit dem Programm ARC VIEW ein Produkt (C), welches für jede Teilfläche die Attribute beider Karten aufwies.

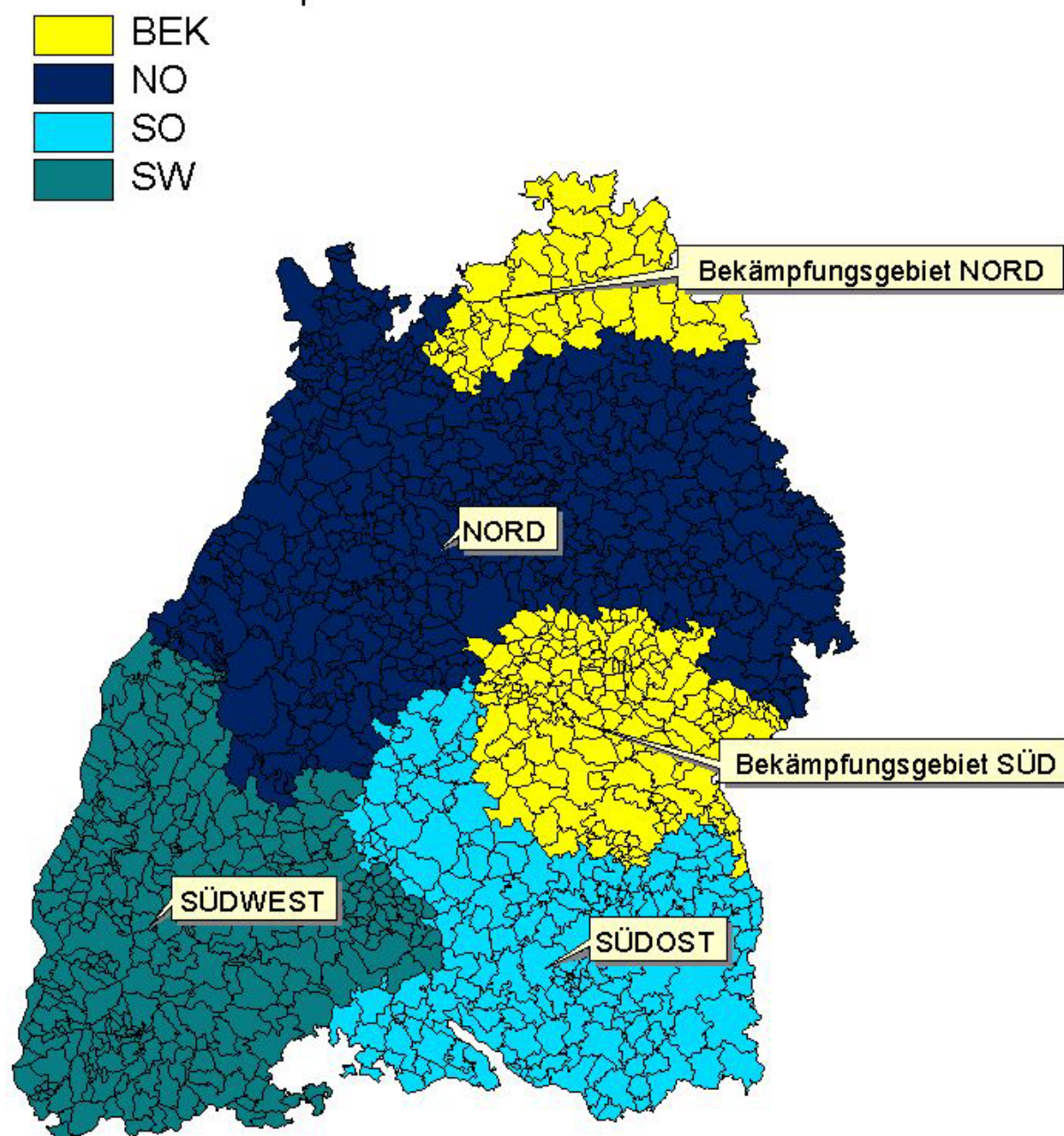


Abb. 40: Anhand der Landkreise wurde Baden-Württemberg in die Regionen Nord-, Südwest- und Südost-Baden-Württemberg aufgeteilt. Die Daten aus den Bekämpfungsgebieten wurden bei der Auswertung ausgeschlossen.

Studie 1995 – 2000:

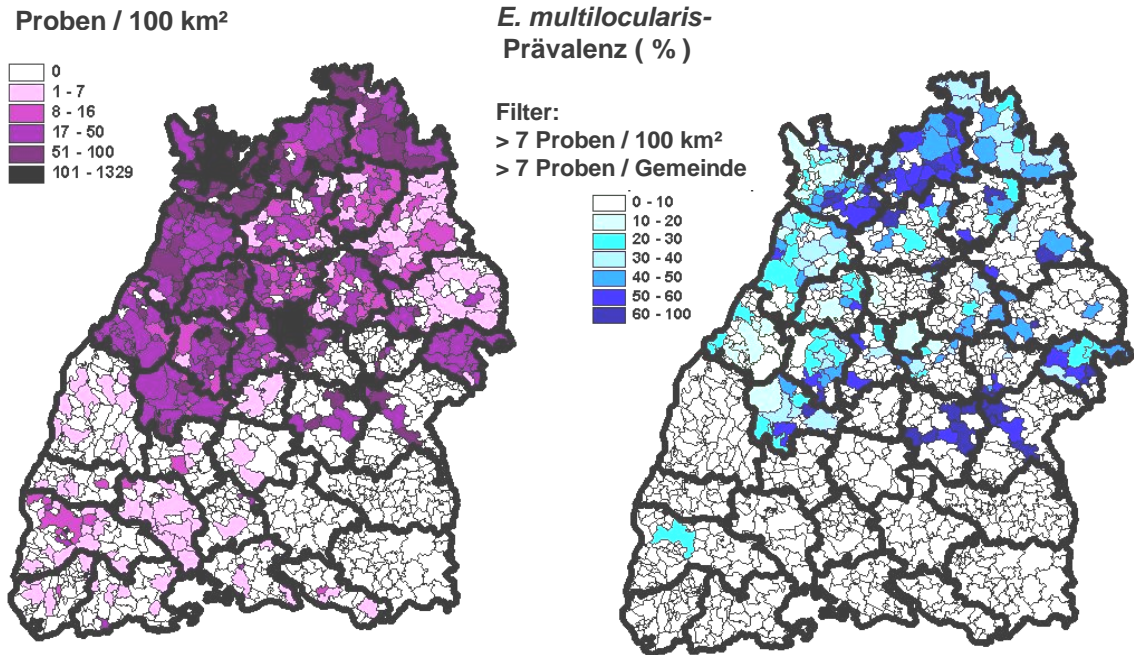


Abb. 41: Probendichte und *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen (n = 7218) in Baden-Württemberg auf Gemeindeebene mit Daten aus der Studie 1995 – 2000 (Darmabstrichmethode).

Studie 2002 / 2003:

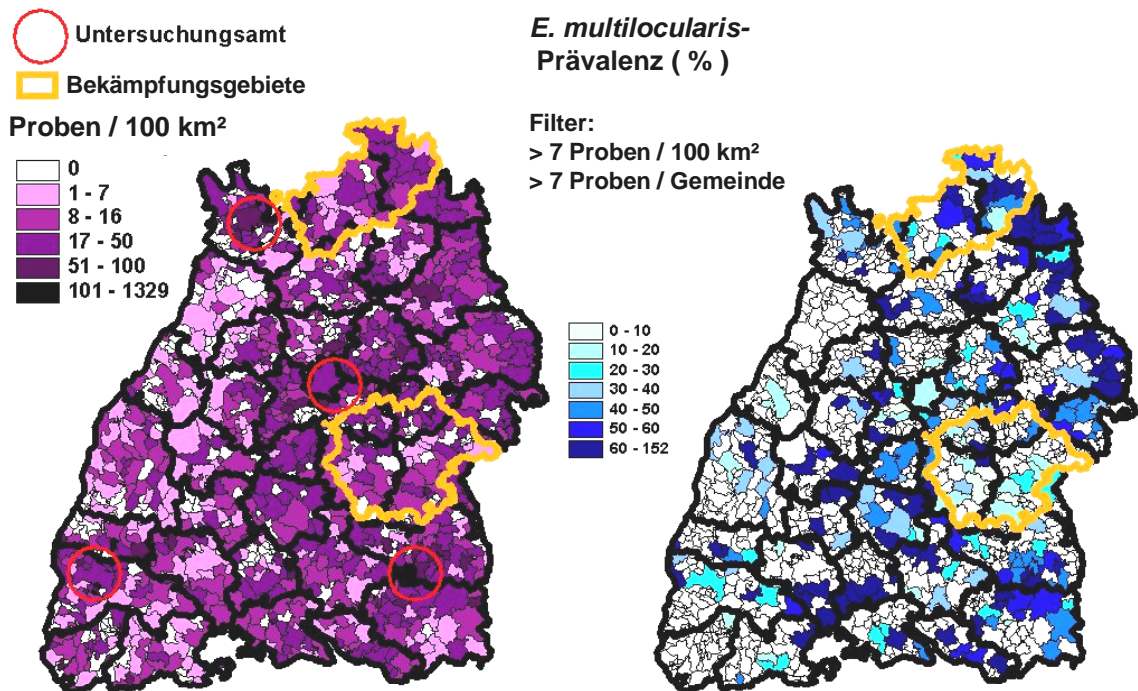


Abb. 42: Probendichte und korrigierte *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen (n = 5794) in Baden-Württemberg auf Gemeindeebene mit Daten aus der Studie 2002 / 2003 (Koproantigen-ELISA).

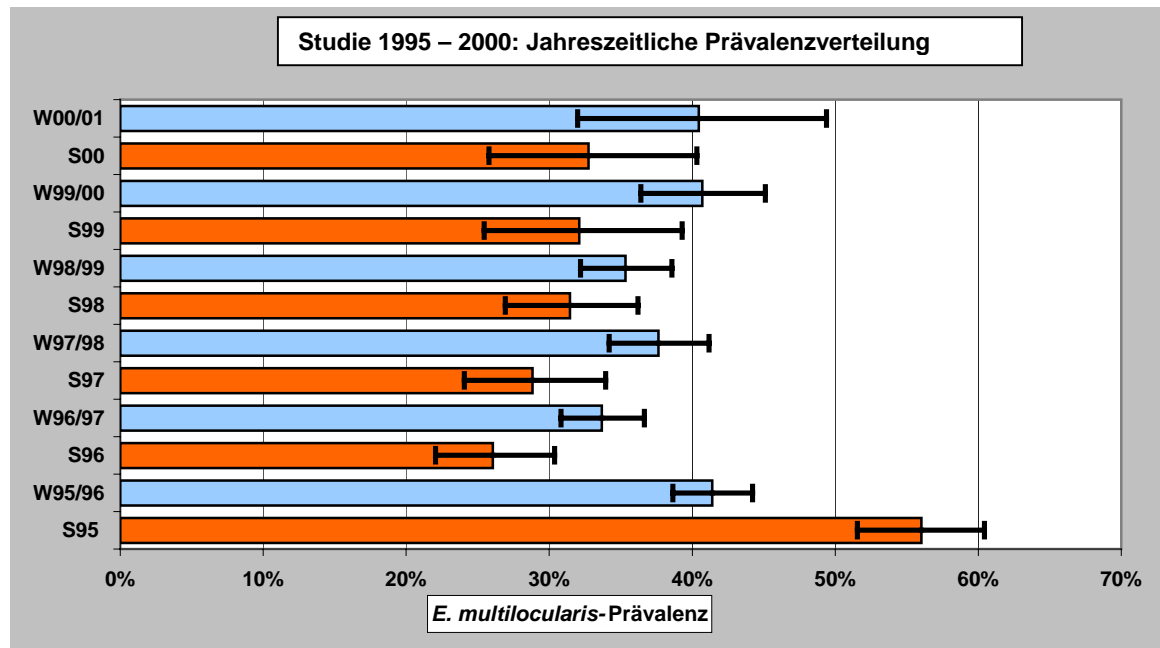


Abb. 43: Jahreszeitliche Verteilung der *E. multilocularis*-Prävalenz (Darmabstrichmethode) bei Füchsen (n = 6628) in Baden-Württemberg, die vom Sommer 1995 (S - orange) bis zum Winter 2000 / 2001 (W - hellblau) erlegt wurden.

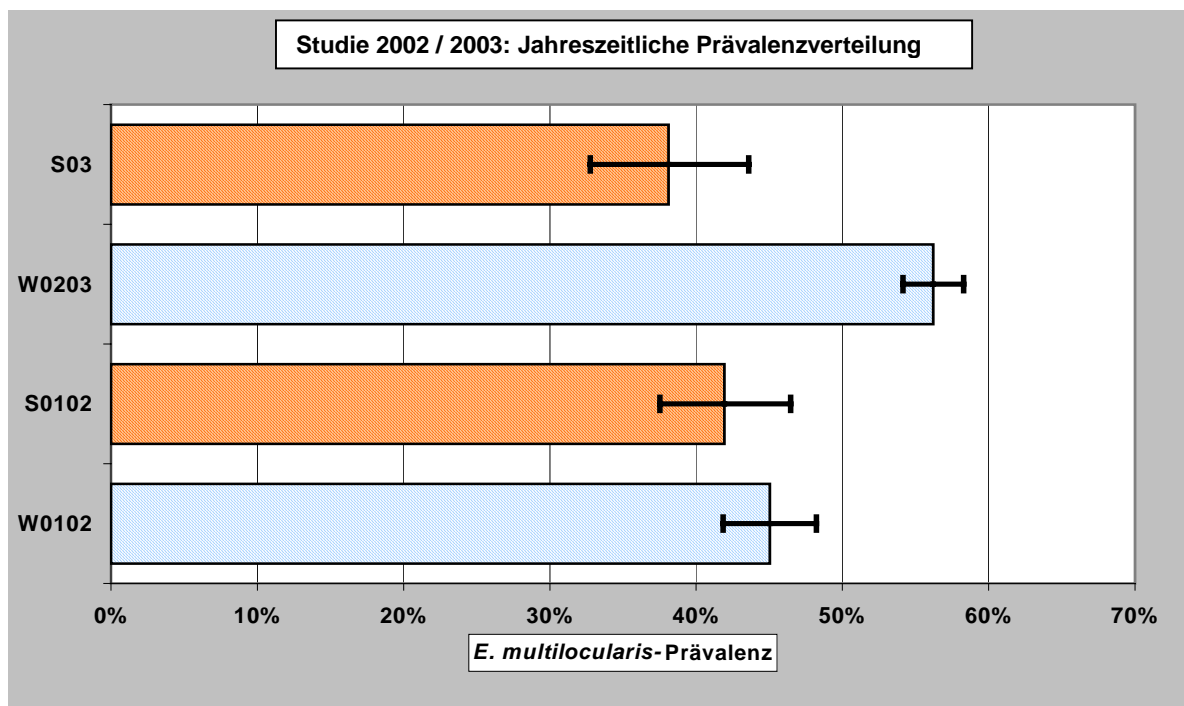


Abb. 44: Jahreszeitliche Verteilung der korrigierten *E. multilocularis*-Prävalenz (Koproantigen-ELISA) bei Füchsen (n = 3887) in Baden-Württemberg, die vom Winter 2001 / 2002 (W - hellblau) bis zum Sommer 2003 (S - orange) erlegt wurden.

tatsächliche Landnutzung -> CORINE- Karte

Landnutzung	CCL	gleiche Pixel	gesamte Pixel	% Übereinstimmung
Wald	23+24+25	125	205	61%
Hecke	12	7		
	20	8		
	23+24+25	3	18	100%
Wald gesamt		143	223	64%
Acker	12	82		
	20	71	202	76%
Futter	12	8		
	20	8	20	80%
Brachland	12	3		
	20	2	5	100%
Acker gesamt		174	227	77%
Wiese	18	29		
	26	4		
	20	79	195	57%
Weide	18	1		
	20	14	21	71%
Gras gesamt		127	216	59%
Obst	20	1	3	33%
Beeren	12	2	2	100%
Sonstiges		3	5	60%
Ort	22	27	41	66%
Straße	2	1	15	7%
Ort gesamt		28	56	50%
Summe		475	727	65%

Tab. 9: Rastervergleich mit dem Programm ARC VIEW: Übereinstimmung der Pixel (250 x 250 m) der tatsächlichen Landnutzung in der Gemeinde Römerstein, Baden-Württemberg, festgestellt bei der Kartierung im Herbst 2004, mit den Pixeln der Landnutzungsklassen auf der CORINE-Landnutzungskarte.

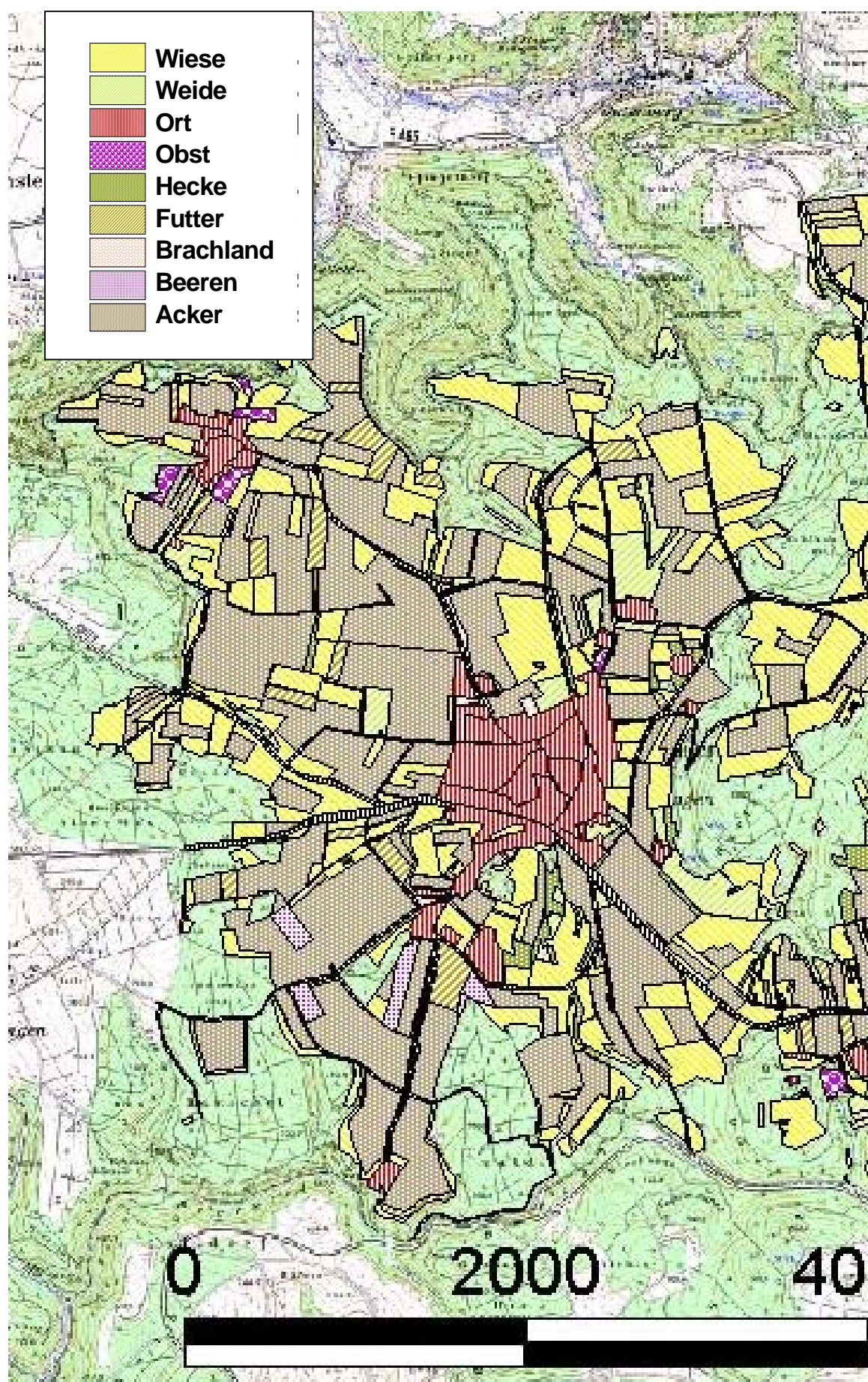
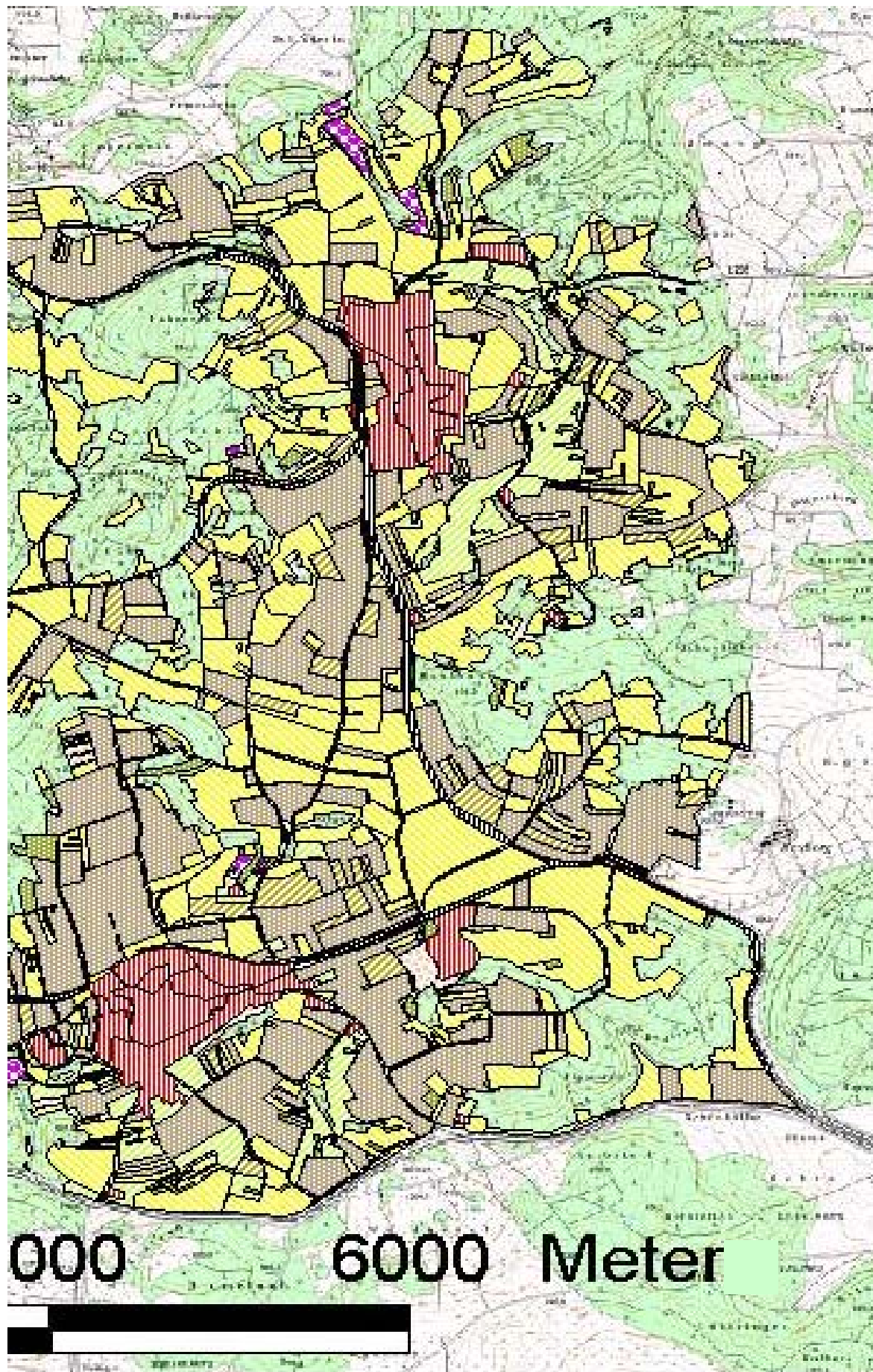


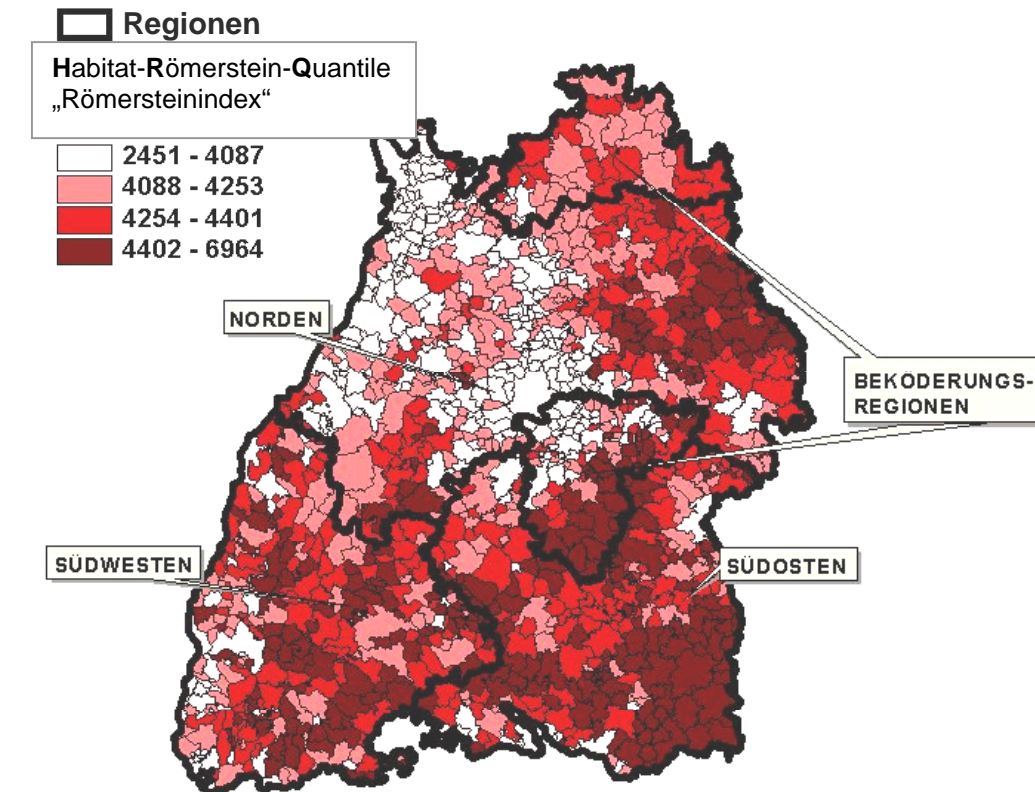
Abb. 45: Im Sommer und Herbst 2004 eine auf Grundlage der topographischen Karte (1 : 25 000)



erstellte Landnutzungskarte der Gemeinde Römerstein, Baden-Württemberg.

CORINE- Karte -> tatsächliche Landnutzung				
CCL	Landnutzung	gleiche Pixel	gesamte Pixel	% Übereinstimmung
2 (STADT)	Ort	14		
	Straße	1		
	Ort gesamt	15	18	83%
12 (ACKER)	Acker	82		
	Futter	8		
	Brachland	3		
	Beeren	2		
	Hecke	7		
	Acker gesamt	102	176	58%
18 (WIESE)	Wiese	29		
	Weide	1		
	Gras gesamt	30	78	38%
20 (MIX)	Wiese	79		
	Weide	14		
	Acker	71		
	Futter	8		
	Brachland	2		
	Obst	1		
	Ort	13		
	Hecke	8		
	Mix gesamt	196	242	81%
23+24+25 (WALD)	Wald	125		
	Hecke	3		
	Wald gesamt	128	208	62%
26 (EXT. GRAS)	Wiese	4	5	80%
Summe		471	727	65%

Tab. 10: Rastervergleich mit dem Programm ARC VIEW: Übereinstimmung der Pixel (250 x 250 m) der Landnutzungsklassen auf der CORINE-Karte mit den Pixeln der tatsächlichen Landnutzung in der Gemeinde Römerstein, Baden-Württemberg, festgestellt bei der Kartierung im Herbst 2004.



Studie 2002 / 2003:
***E. multilocularis*-Prävalenz**

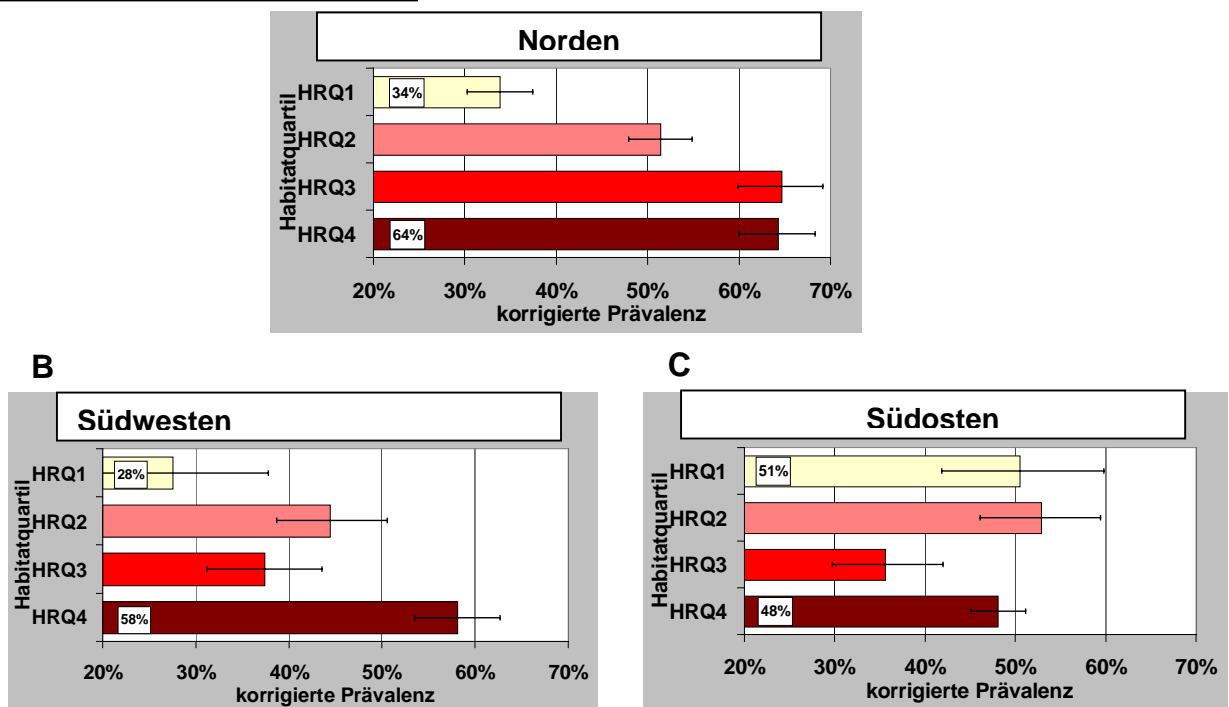
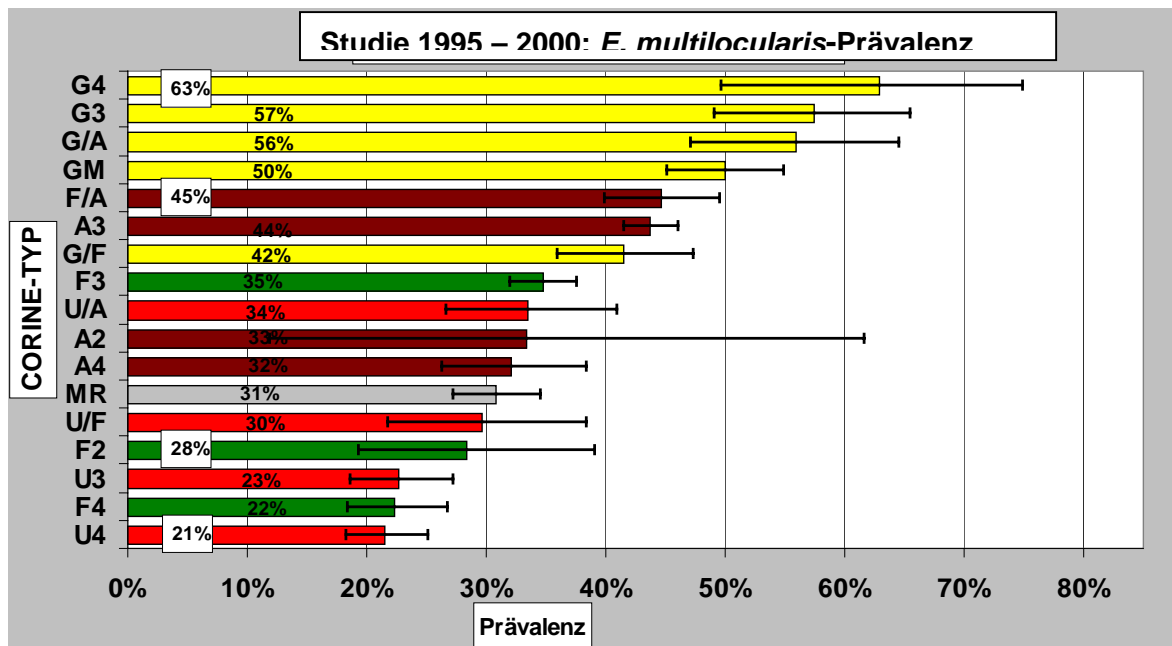


Abb. 46: *E. multilocularis*-Prävalenz bei Füchsen (n = 4579) im Norden (A), Südwesten (B) und Südosten (C) Baden-Württembergs in Gemeinden mit einer sehr guten (HRQ 4), bzw. sehr schlechten (HRQ 1) Eignung als Nagerhabitat. Die Daten stammen aus der Studie 2002 / 2003 und wurden mit einem Koproantigen-ELISA gewonnen.

A



B

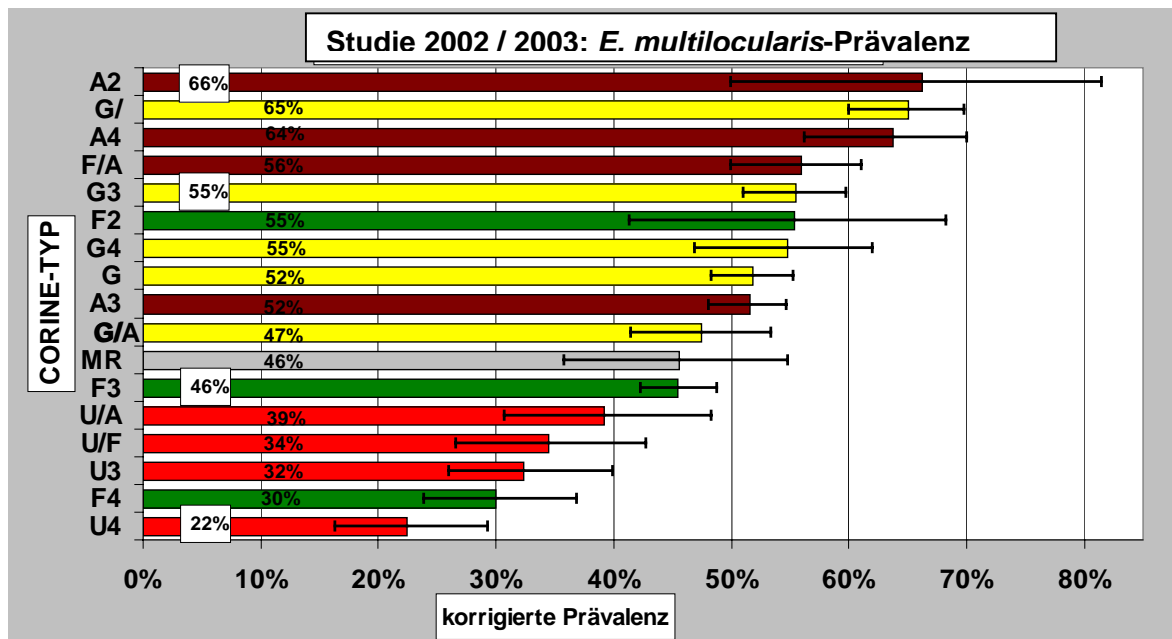


Abb. 47: (Korrigierte) *E. multilocularis*-Prävalenz mit Konfidenzintervall bei Füchsen in Baden-Württemberg, die in 21 CORINE-Typ Gebieten mit unterschiedlicher Landnutzung (Gras- (GELB), Acker- (BRAUN), Wald- (GRÜN) und Stadt-Gebiet (ROT)) erlegt wurden. Bei der Studie 1995 – 2000 (A) wurde mit der Darmabstrichmethode (n = 7210), bei der Studie 2002 / 2003 (B) mit einem Koproantigen-ELISA (n = 4944) untersucht.

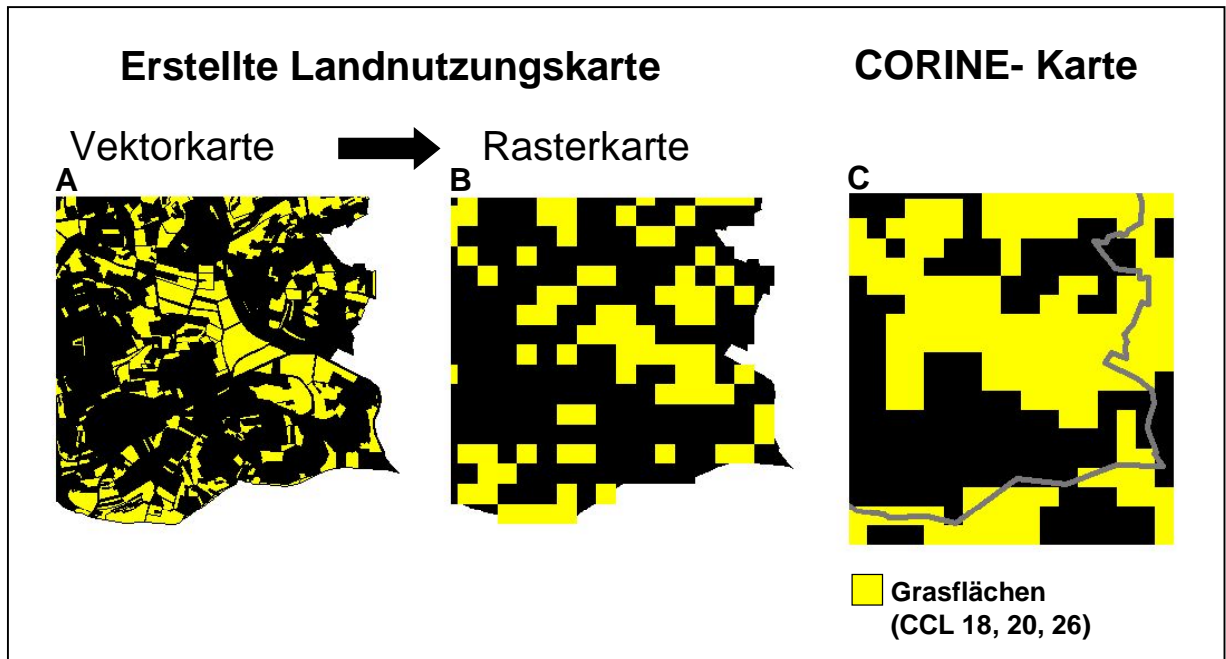


Abb. 48: Unterschiedliche Darstellung der Grasflächen im Nordosten der Gemeinde Römerstein, Baden-Württemberg, am Beispiel der nach der Kartierung im Herbst 2004 erstellten Landnutzungskarte in Form einer Vektorkarte (A) bzw. einer Rasterkarte (B) und der CORINE-Karte (C).

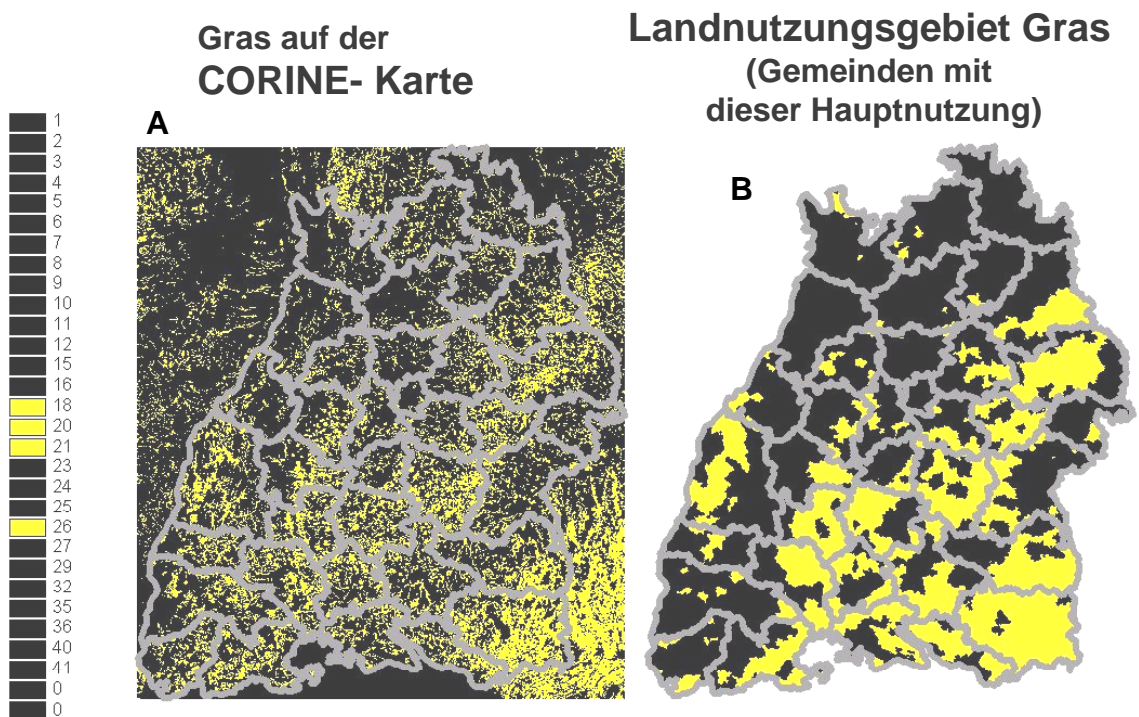


Abb. 49: Darstellung der Grasflächen (CCL 18, 20, 21, 26: GELB) auf der CORINE-Karte von Baden-Württemberg (A), Darstellung der Gemeinden mit der Hauptnutzung (CORINE-Typ) Gras in Baden-Württemberg in Form von einem Grasgebiet (B).

Herstellieranleitung zum Koproantigen-ELISA-Test




Bommeli
DIAGNOSTICS

intervet

F.1

Gebrauchsinformation
ECHINOTEST

MONOPHASISCH

In vitro-Diagnosticum
(ELISA – Testsatz zur
Diagnose der Echinococcosis
bzw. zum Nachweis von
Echinococcus spezifischem
Antigen)
Zul. – Nr.: BGVV-B 320

CHEKIT®

ECH1135D Version 1

ECHINOTEST

Produktbeschreibung

Der CHEKIT-Echinotest ist ein Enzymimmuntest für den Nachweis von Echinococcus-spezifischen Antigenen in Kotproben von Hunden, Füchsen und Katzen.

Prinzip und Beschreibung des Tests

Die Reaktionsvertiefungen der CHEKIT-Echinotest-Testplatten sind mit polyklonalen Antikörpern, die Antigen von Echinococcus granulosus (E. granulosus) und Echinococcus multilocularis (E. multilocularis) spezifisch binden, beschichtet (siehe Schema). Gebundene Antigene werden mit dem CHEKIT-Peroxidase-Konjugat, das gegen Echinococcus-Antigene gerichtet ist, nachgewiesen. Das Peroxidase-Konjugat seinerseits bewirkt eine blaugüne Verfärbung des CHEKIT-Chromogens.

Die Farbintensität hängt von der Menge des gebundenen Antigens ab, deshalb genügt es, den Ansatz in einer Verdünnungsstufe vorzunehmen. Die diagnostische Bewertung erfolgt durch den Vergleich der Extinktionen von Proben und Kontrollen.

Inhalt des Testkits

2 Platten Kit	"Bulk" Ware	
2 Stck	à 5 Stck	CHEKIT-Echinotest Testplatte mit anti-Echinococcus Antikörper beschichtet.
1 x 0.3 ml	à 0.3 ml	CHEKIT-Echinotest-Anti-Echinococcus-PO-Konjugat, polyklonal, markiert mit Meerrettichperoxidase.
1 x 1.0 ml	à 1.0 ml	CHEKIT-Echinotest-Positivkontrolle, vom Hund, konserviert mit 0.1 % Natriumazid.
1 x 1.0 ml	à 1.0 ml	CHEKIT- Echinotest-Negativkontrolle, vom Hund, konserviert mit 0.1 % Natriumazid.
1 x 100 ml	à 100 ml	CHEKIT-Echinotest-Probenverdünner-10x-Konzentrat.
1 x 100 ml	à 500 ml	CHEKIT-10x-Konzentrat, nicht gebrauchsfertig.
1 x 100 ml	à 500 ml	CHEKIT-Chromogen, gebrauchsfertig.
1 x 60 ml	à 500 ml	CHEKIT-Stopplösung, gebrauchsfertig.

ECHINOTEST

Aufbewahrung

+2° - +8°C. Das Konjugat muss vor Frost geschützt werden.

Haltbarkeit

Das Verfallsdatum gibt die Mindesthaltbarkeit nicht angebrochener Reagenzien bei vorschriftsmässiger Lagerung an.

Testverfahren

A. Vorbereitung des Tests

1. Anzahl benötigter Testplatten sowie benötigte Teilmengen der Lösungen entsprechend der jeweiligen Inkubationstemperatur erwärmen lassen.
2. Wenn nicht die ganze Testplatte verwendet werden soll, kann die Siegelfolie mit einer Skalpellklinge zwischen den Reaktionsvertiefungen durchschnitten und vorsichtig entfernt werden.
3. Herstellung der gebrauchsfertigen CHEKIT-Wasch- & Verdünnerlösung aus dem CHEKIT-10x-Konzentrat: 1 Teil CHEKIT-10x-Konzentrat mit 9 Teilen destilliertem Wasser verdünnen. CHEKIT-Wasch- & Verdünnerlösung täglich frisch herstellen.
4. Herstellung der gebrauchsfertigen CHEKIT-Echinotest-Probenverdünnerlösung aus dem CHEKIT-Echinotest-Probenverdünner-10x-Konzentrat: 1 Teil CHEKIT-Echinotest-Probenverdünner-10x-Konzentrat mit 9 Teilen destilliertem Wasser verdünnen. CHEKIT-Echinotest Probenverdünnerlösung täglich frisch herstellen.
5. Probenvorbereitung
 - 5.a Zur Probenaufarbeitung wird 1 Gramm Hundekot in 3 ml CHEKIT-Probenverdünner gegeben und bei Raumtemperatur gut durchmischt.
 - 5.b Die Suspension wird dann 10 Minuten bei 3000 x g zentrifugiert.
 - 5.c Der Überstand wird abgenommen und als Probe verwendet. Die Proben sollten bei -20°C gelagert werden, wenn sie nicht sofort getestet werden.

B. Verdünnen, Verteilen und Inkubieren der Proben und Kontrollen

1. In jede Reaktionsvertiefung 80 µl CHEKIT-Probenverdünner vorlegen.
2. Anschliessend 20 µl der Kontrollen und der Proben in die entsprechenden Reaktionsvertiefungen der Testplatte übertragen.
3. Um eine gleichmässige Verteilung der Proben zu gewährleisten, Testplatte kurz schütteln.
4. Testplatte abdecken und 90 Minuten bei Raumtemperatur in feuchter Kammer inkubieren.

Format der Testplatte und ein Beispiel der Probenverteilung

	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A	N	N	7	7									
B	P	P	8	8									
C	1	1	9	9									
D	2	2	10	10									
E	3	3	11	11									
F	4	4	12	12									
G	5	5	USW	USW									
H	6	6											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

+ = anti-Echinococcus Antikörper
N = Negative Kontrolle
P = Positive Kontrolle
1, 2, 3, etc. = Probennummer

C. Waschen der Testplatte

Im Anschluss an die Inkubation wird die Testplatte sechsmal mit CHEKIT-Wasch-&-Verdünnerrlösung gewaschen. Dazu werden die Vertiefungen der Testplatte entleert und mit mindestens 300 µl CHEKIT-Wasch-& Verdünnerrlösung gefüllt. Die Testplatte wird dann wieder entleert und gründlich ausgeklopft. Dieser Waschvorgang wird noch fünfmal wiederholt.

D. Verdünnen, Verteilen und Inkubieren von CHEKIT-Anti-Echinococcus-PO-Konjugat

1. CHEKIT-Konjugat mit CHEKIT-Wasch- & Verdünnungslösung 1:200 verdünnen.
2. In jede Vertiefung der Testplatte 100 µl CHEKIT-Anti-Echinococcus-PO-Konjugatverdünnung pipettieren. Testplatte abdecken und 90 Minuten bei Raumtemperatur in feuchter Kammer inkubieren.

ECHINOTEST

E. Waschen der Testplatte:

Siehe Beschreibung unter C.

F. Verteilen des CHEKIT-Chromogens

In jede Reaktionsvertiefung 100 µl auf 25°C vorgewärmtes CHEKIT-Chromogen pipettieren. Testplatte bei Raumtemperatur in einer feuchten Kammer inkubieren.

G. Ablesen der Ergebnisse

Messen der Farbreaktionen im Fotometer bei einer Wellenlänge von 405 nm (Referenzwellenlänge = 492 nm). Die Nettoextinktion der positiven Kontrolle soll nach 20 bis 30 Minuten (je nach aktuellen Testbedingungen) $\geq 0,4$ sein.

Stoppen der Farbreaktion: 50 µl auf Raumtemperatur erwärmte CHEKIT- Stopplösung in jede Reaktionsvertiefung geben. Das Verteilen der Stopplösung sollte in gleicher Reihenfolge und mit gleicher Geschwindigkeit wie das Verteilen des Chromogens erfolgen. Die Stopplösung löst auch eventuell entstandene Farbschlieren auf.

H. Bewertung der Ergebnisse

Bei Doppelbestimmungen die Mittelwerte der optischen Dichten (OD) berechnen. Extinktionen der Proben (OD_{Probe}) sowie der positiven Kontrolle (OD_{pos}) werden durch Subtraktion der Extinktion der negativen Kontrolle (OD_{neg}) korrigiert:

Positive Kontrolle: $OD_{\text{pos}} - OD_{\text{neg}}$

Proben: $OD_{\text{Probe}} - OD_{\text{neg}}$

Die korrigierten Werte der Proben werden auf den korrigierten Wert der positiven Kontrolle (=100%) bezogen:

$$\text{Probenwert (\%)} = \frac{OD_{\text{Probe}} - OD_{\text{neg}}}{OD_{\text{pos}} - OD_{\text{neg}}} \times 100 \%$$

Probenwert	< 30 %	30 - 40 %	> 40 %
Bewertung	negativ	grenzwertig	positiv

ECHINOTEST

Falls eine Probe nach Testwiederholung grenzwertig bleibt, sollte vom gleichen Tier eine Wiederholungsuntersuchung nach mindestens 3 Wochen durchgeführt werden. Ergibt diese Probe abermals ein grenzwertiges Resultat, so sollte das Resultat mit einer anderen Labormethode überprüft und das epidemiologische Umfeld mit in die Überlegungen einbezogen werden.

Vorsichtsmassnahmen

Gefährdung durch das Probenmaterial

Das Probenmaterial kann freie Bandwurmglieder und Eier von *E. granulosus* sowie *E. multilocularis* enthalten. Zur Inaktivierung sollte das Probenmaterial vor der Bearbeitung mindestens 48 Stunden bei - 80°C oder 4 Tage bei - 70°C eingefroren werden.

Veränderte Proben

Deutlich veränderte Proben (z.B. deutliche Trübung, Ausflockung, bakterielle Kontamination) sind von der Untersuchung auszuschliessen.

Kontrollen

Die Kontrollen müssen auf jeder CHEKIT-Testplatte mitgeführt werden.

Probenverschleppung

Um eine Probenverschleppung zu vermeiden, muss für jede Probe eine frische Pipettenspitze verwendet werden. Falls die Verdünnungen in Röhrchen vorbereitet werden, muss für jede Probe ein frisches Röhrchen verwendet werden.

Stopplösung

Bei Lagerung der Stopplösung bei +2°-8°C können Präzipitate entstehen, die sich bei Raumtemperatur wieder auflösen.

Schaumbildung

Beim Verdünnen von Proben, Kontrollen und Konjugat ist Schaumbildung zu vermeiden.

Haltbarkeit der verdünnten Reagenzien

Proben, Kontrollen und Konjugat sollen unmittelbar vor dem Ansetzen des Tests verdünnt werden, sie sind verdünnt nicht lagerfähig.

Sterile Entnahme

Die benötigten Teilmengen sind den Flaschen steril zu entnehmen.

ECHINOTEST

Verunreinigungen

Geringste Verunreinigungen, verursacht durch Gefässe, Dispensatoren, Waschgeräte oder Wasser von mangelhafter Qualität, können Konjugat und Chromogen unbrauchbar machen. Reagenzien nur mit Einwegkunststoffpipetten entnehmen. Häufig sind Geräte die Ursache von Störungen. Deshalb Proben bei Störungen manuell ansetzen und mit den Ergebnissen, die mit Automaten erzielt wurden, vergleichen.

Zu niedrige Extinktionswerte

Die Qualität des verwendeten Wassers kontrollieren.

Temperatur des Chromogens mit einem Thermometer überprüfen. Diese sollte 25°C nicht unterschreiten.

Unregelmässige Doppelwerte, Ausreisser oder starke Hintergrundreaktionen

Unregelmässige Doppelwerte, Ausreisser oder starke Hintergrundreaktionen können folgende Ursachen haben:

- Farbschlieren, welche auf ein schlechtes Durchmischen der Stopplösung zurückzuführen sind.
- Chemische oder mikrobielle Kontaminationen von Ventilen, Schläuchen, Düsen etc. von Waschautomaten oder Dispensatoren.
- Pipettierfehler

Unter Berücksichtigung der Regeln der GLP (Good Laboratory Practice) müssen Automaten (Wasch-, Dispensierautomaten und Probenverteiler) täglich gemäss Vorschrift des Herstellers gereinigt werden. Als bewährtes Waschprotokoll kann folgendes empfohlen werden:

1. Schläuche, Ventile und Behältnisse mit warmem Wasser spülen,
2. mit RBS 35 No.27952 (Pierce, Rockford, IL, USA) spülen,
3. mit destilliertem Wasser spülen und
4. die Schläuche mit einer 5%igen Wasser-Alkohol Mischung füllen und bis zum nächsten Gebrauch stehen lassen.
5. Vor erneutem Gebrauch das Instrument zunächst mit Wasser, dann mit CHEKIT-Wasch- & Verdünnerlösung spülen.
6. Alle am Instrument angeschlossenen Lösungsbehälter müssen täglich gereinigt oder ersetzt werden.

Curriculum vitae

Name	Anne-Katrin Weible, geb. Ischebeck
Geburtsdatum	25.09.1973
Geburtsort	Wuppertal
Nationalität	deutsch

1979 - 1983	Grundschule Eckenhagen
-------------	------------------------

1983 – 1992	Wüllenwebergymnasium Bergneustadt
-------------	-----------------------------------

1992	Allgemeine Hochschulreife
------	---------------------------

1992 - 1993	Freiwilliges Ökologisches Jahr bei einem Biolandbetrieb der Gustav-Werner-Stiftung, Reutlingen, Deutschland
-------------	--

1993 - 1999	Studium der Veterinärmedizin an der Justus-Liebig-Universität Gießen, Deutschland
-------------	--

1999	3. Staatsexamen an der Justus-Liebig-Universität Gießen, Deutschland
------	---

1999 - 2002	Assistentztierärztin in der Großtierpraxis von Dr. Stefan Birk in Hausen a.B. / Alb-Donau-Kreis, Deutschland
-------------	---

seit 2002	Angestellte Tierärztin beim Amt für Veterinärwesen und Verbraucherschutz des Landratsamts Tuttlingen , Deutschland
-----------	---